This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

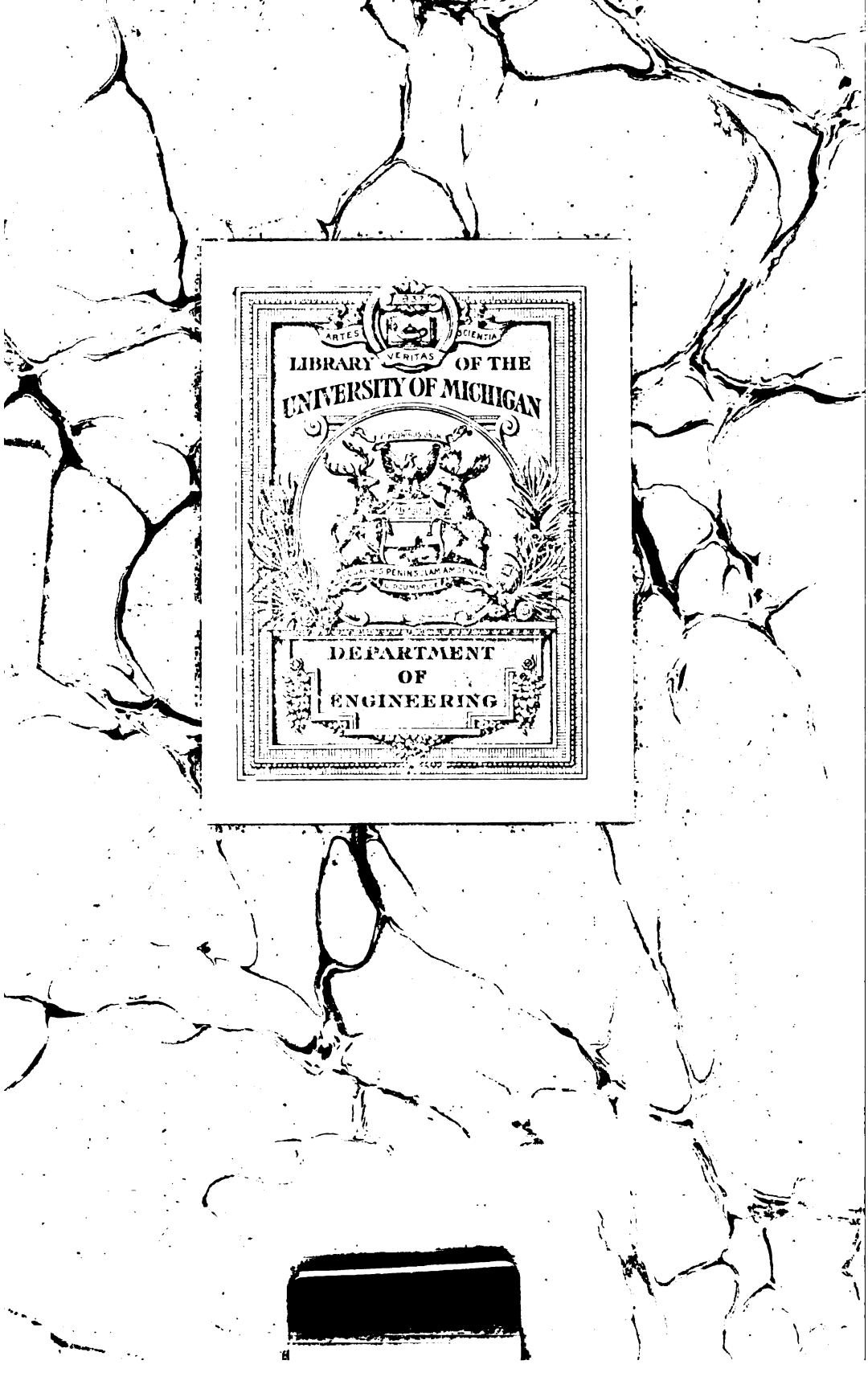
+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

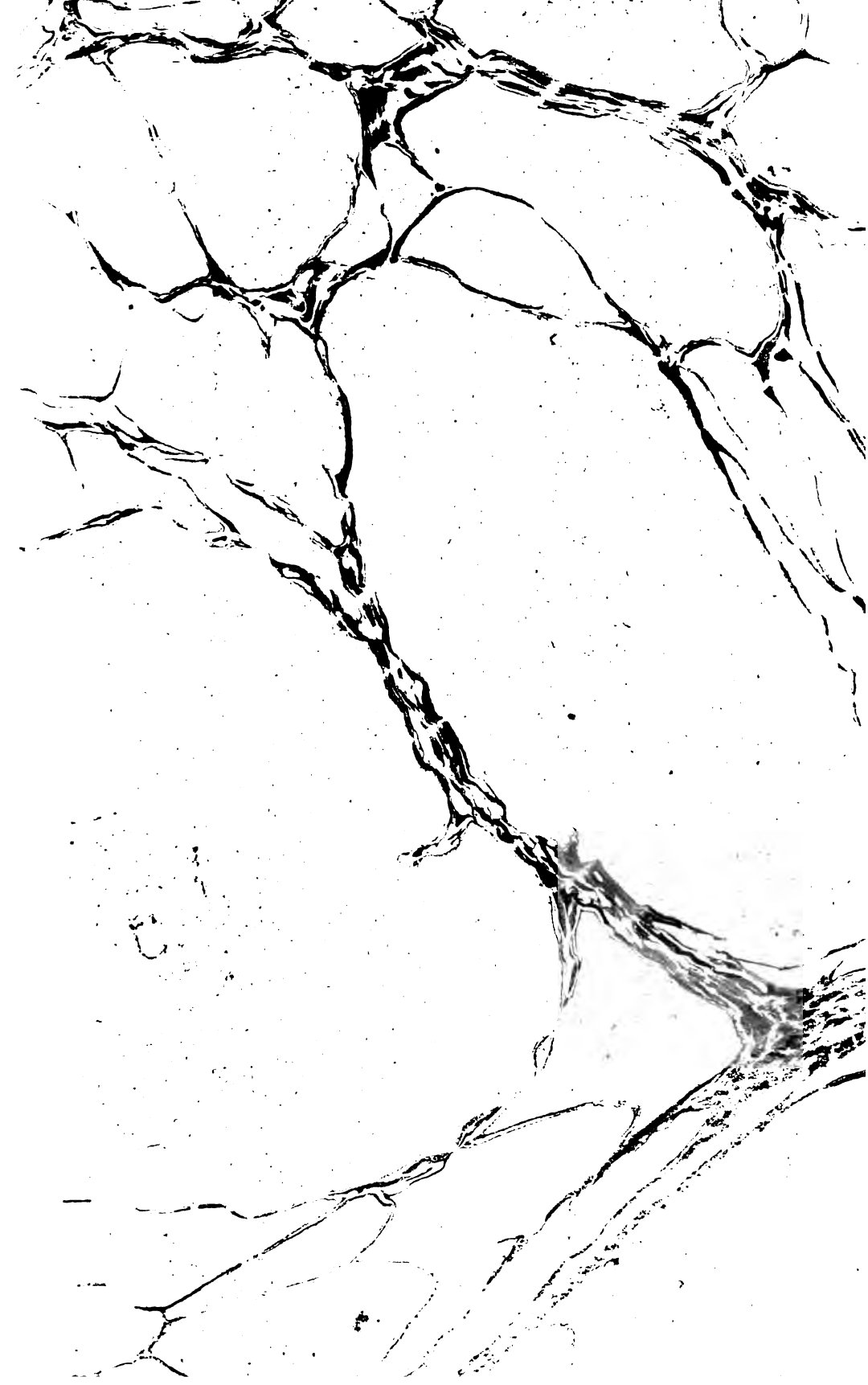
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`


ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING



LIBRARY

TA
2
.S68

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

ANNÉE 1903

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1903

DEUXIÈME VOLUME

PARIS

HOTEL DE LA SOCIÉTÉ

19, RUE BLANCHE, 19

—

1903

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

JUILLET 1903

N° 7.

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de juillet 1903, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Construction des Machines.

Association Lyonnaise des Propriétaires d'appareils à vapeur. 27e année 1902 (in-8°, 240 × 150 de 68 p.). Lyon, A. Storck et Cie, 1903. 42775

Associazione fra gli utenti di Caldaie a vapore avente sede in Milano. Note tecniche dell' esercizio del 1901 (Anno undecimo) (in-8°, 265 × 185, de 75 p.). — *Rendiconto dell' esercizio del 1901* (Anno undecimo) (in-8°, 265 × 185 de 60 p.). Milano, 1903. 42780 et 42781

HART. — *Les turbines à vapeur, et spécialement les turbines Parsons. Leur application à la propulsion des navires*, par M. Hart (Extrait du Bulletin de l'Association technique maritime n° 14, session de 1903) (in-8°, 285 × 185 de 68 p. avec 25 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42769

SÉNÉCHAL (G.). — *Description des machines à écrire françaises depuis leur apparition jusqu'en 1870.* D'après les documents officiels, Brevets d'invention, Bulletins des Sociétés savantes, etc., par Georges Sénéchal (Contribution à l'histoire des machines à écrire) (in-8°, 190 × 125 de 62 p. avec fig.). Paris, Institut sténographique de France, 1903 (Don de l'auteur). 42770

163408

WEISS (F.-J.) ET HANNEBIQUE (E.). — *Traité de la condensation. Condensations indépendantes. Condensations centrales. Refroidissement artificiel de l'eau*, par F.-J. Weiss. Traduit, par E. Hannebique sur la première édition allemande, revue et augmentée par l'auteur (in-8°, 255 × 165 de xx-508 p. avec 117 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1903 (Don de l'éditeur). 42785

WITZ (A.). — *Traité théorique et pratique des moteurs à gaz et à pétrole*, par Aimé Witz. *Tome I.* 4e édition refondue et entièrement remaniée (in-8°, 285 × 190 de VIII-504 p. avec 137 fig.). Paris, E. Bernard et Cie, 1903 (Don de l'éditeur). 42764

Économie politique et sociale.

Chambre de Commerce de Rouen. Compte rendu des travaux pendant l'année 1902 (in-4°, 250 × 190 de 446 p.). Rouen, Imprimerie du Nouvelliste, 1903. 42787

CORTHELL (E.-L.). — *Growth and Density of Population of Great Cities.* A Paper read by E.-L. Corthell (in-8°, 225 × 150 de 16 p.). Washington, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42771

Enseignement.

Annual Calendar of Mc Gill College and University Montreal. Session 1903-1904 (in-8°, 215 × 150 de XXXII-363 p.). Montreal, 1903. 42774

Géologie et Sciences naturelles diverses.

LALLEMAND (Ch.). — *Volcans et tremblements de Terre. Leurs relations avec la figure du globe*, par Ch. Lallemand (Extrait du Bulletin de la Société astronomique de France, mai 1903) (in-8°, 245 × 160 de 12 p. avec 3 fig.). Paris, au Siège de la Société, 1903 (Don de l'auteur). 42783

Législation.

Annuaire de la Société amicale des anciens Élèves de l'École nationale des Mines de Saint-Étienne, 1903 (in-16, 155 × 110 de 287 p.). Saint-Étienne, Siège social, 1903. 42766

XXXII. Verzeichnis der Mitglieder des Österreichischen Ingenieur-und' Architekten-Vereines (in-8°, 230 × 155 de XVI-96 p.). Wien, R. Spies and Co, 1903. 42772

Métallurgie et Mines.

LECOMTE-DENIS (M.). — *La prospection des mines et leur mise en valeur. Guide pratique*, par Maurice Lecomte-Denis. Préface de M. Haton de la Goupillière (in-8°, 250 × 165 de XV-351 p. avec 320 fig.). Paris, Schleicher frères et Cie, 1903 (Don de l'éditeur). 42779

LEVAT (E.-D.). — *Richesses minérales des Possessions Russes en Asie centrale*, par M. E.-D. Levat (Rapport à M. le Ministre de l'Instruction publique sur les richesses minérales de la Boukharie et du Turkestan Russe) (Extrait des Annales des Mines, livraisons de février et mars 1903) (in-8°, 250 × 165 de 175 p. avec 5 pl.). Paris, V^ve^ Ch. Dunod, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42767

MÉTAYER (M.). — *Les progrès de la sidérurgie allemande. L'Exposition de Dusseldorf en 1902*, par M. Maurice Métayer (Comité des Forges de France) (in-4°, 270 × 210 de 144 p. avec nombreuses figures). Paris, L. Courtier. 42777

Statistique des houillères en France et en Belgique, publiée sous la direction de M. Émile Delecroix. Janvier 1903 (in-8°, 255 × 165 de 552 p.). Lille, L. Danel. 42763

VATTIER (Ch.). — *Prospection des mines dans la Province d'Oran. (Algérie) en avril et mai 1903*, par Charles Vattier (Manuscrit), 270 × 210 de 38 p.). Paris, 2 juin 1903 (Don de M. J. Rueff, M. de la S.). 42791

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

Le nouveau port de Bizerte (Tunisie). Publié par les soins de la Compagnie du port de Bizerte (Extraits de Sites et Monuments : La Tunisie — De la Revue des Deux Mondes, 1^er^ septembre 1902 — Du Journal Le Génie Civil — De la Revue de Géographie, mars 1903) (in-8°, 240 × 155 de 140 p. avec fig. et pl.). Paris, Imprimerie Chaix, 1903. 42782

SEKUTOWICZ (L.). — *La Seine maritime. Étude sur l'importance économique du port de Rouen*, par L. Sekutowicz (in-8°, 240 × 155 de 143 p. avec 56 fig. et 2 pl.). Paris, Publications du Journal Le Génie Civil, 1903 (Don de la Chambre de Commerce de Rouen). 42788

Syndicat des mécaniciens chaudronniers et fondeurs. Rapport concernant le projet de loi sur les zones et les ports francs (in-4°, 315 × 240 de 4 p.). Paris, A. Fayolle, 1903. 42765

VOISIN BEY ET HERSENT (J.). — Rapport présenté au nom du Comité des Constructions et Beaux-Arts, par M. Voisin Bey, au sujet du Mémoire de M. Jean Hersent, sur les *travaux du port de Bizerte et de l'arsenal de Sidi-Abdallah* (Extrait du Bulletin de mars 1903 de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale) (in-4°, 275 × 220 de 32 p. avec 26 fig.). Paris, Philippe Renouard, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42776

Physique.

DESCHAMPS (J.). — *Les gazogènes et les moteurs à gaz pauvre.* Conférence donnée à l'Institut chimique de Nancy le mercredi 29 avril 1903, par M. J. Deschamps (Supplément au Bulletin trimestriel n° 35 de la Société industrielle de l'Est, 20^e^ année 1903) (in-8°, 250 × 165 de 41 p. avec 16 fig.). Nancy, Pierron et Hozé, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42778

Sciences morales. — Divers.

Mémoires de la Société académique d'agriculture, des sciences, arts et belles-lettres du département de l'Aube. Tome LXVI de la collection. Tome XXXIX. Troisième série, année 1902 (in-8°, 250 × 165 de 402 p.). Troyes, Paul Nouel. 42786

Technologie générale

Congrès de la houille blanche. Grenoble. Annecy. Chamonix 7-13 septembre 1902. Compte rendu des travaux du Congrès, des visites industrielles et des excursions (2 vol. in-8°, 275 × 175 de 605 p. et de 666 p. avec photog.). Grenoble, Syndicat des Propriétaires et Industriels possédant ou exploitant des forces motrices hydrauliques, 1902 (Don de M. Ch. Pinat, M. de la S.). 42789 et 42790

Festnummer der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure für die 44. Hauptversammlung München und Augsburg 1903 (in-4°, 340 × 260 de 58-17 p. avec fig.), Berlin, A. W. Schade. 42784

Rapports du jury international. Groupe XII. Décoration et mobilier des édifices publics et des habitations. Deuxième partie. Classes 72 à 75 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°. 295 × 195 de 540 p. avec 195-25 fig.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902 (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900). 42762

Rapports du jury international. Groupe XVI. Économie sociale. Hygiène. Assistance publique. Deuxième partie. Classes 104 à 108 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°, 295 × 195 de 554 p. avec 23 fig.). Paris, Imprimerie Nationale, 1902 (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900). 42768

Rhees (W.-J.). — *List of Publications of the Smithsonian Institution 1846-1903. Part I. Complete List. Part II. Available for distribution*, by William John Rhees (in-8°, 235 × 155 de 99 p.). Washington City, 1903. 42773

Travaux publics.

Annuaire général du bâtiment et des travaux publics, 1903 (in-8°, 275 × 185 de 96-272-1996-140 p.). Paris, Société anonyme des Annuaires alphabétiques, 1903. 42792

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis, pendant le mois de juillet 1903, sont :

Comme Membres Sociétaires, MM. :

A.-A. DE BAZELAIRE,	présenté par	MM. Brillouin, Laymet, Pélissier.
A. BITTERLIN,	—	Laurain, L. Périssé, A. Robert.
L. BOCHET,	—	Bochet, Dehenne, F. Fouché.
A.-J. CARBONNIER.	—	Mamy, G. Richard, Ed. Simon.
E.-A. CARLIER.	—	Bodin, Jannettaz, Couriot.
A. DUFORT,	—	Bochet, Dehenne, F. Fouché.
M.-H.-E. HERMANN,	—	Buquet, Escande, Schuler.
J.-A. MARION.	—	Bodin, de La Vallée Poussin, Vautelet.
H.-D. ROLLET,	—	Pant, Pommay, E. Vuillaume.
G. ROMIEU,	—	Bizet, Drouin, Limousin.
A. Ch. STOFFT,	—	Buquet, Beuret, Dehaitre.
F.-L. TELLIER.	—	Cartault, Chassevent, H. Legenisel.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUILLET 1903

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 3 JUILLET 1903

PRÉSIDENCE DE M. P. BODIN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer les décorations et nominations suivantes ; ont été nommés :

Officier d'Instruction publique : M. E.-A. Bourdon ;
Grand-Officier du Medjidié : M. H. Doat;
Membre du Conseil Supérieur des Colonies (Section de la Guyane) : M. D. Levat.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

Notre Collègue, M. Lange, Vrain, a déposé au Secrétariat, en date du 29 juin 1903, un pli cacheté. Conformément à l'usage, ce pli a été déposé aux archives.

Le Consulat général d'Autriche-Hongrie nous a fait parvenir des documents relatifs à un Concours pour le projet d'ascenseur de bateaux avec une différence de niveau de 36 *m* environ, à établir près de la ville de Prérau, en Moravie. Ces renseignements sont déposés à la Bibliothèque.

L'Association Internationale pour la Protection de la Propriété Industrielle tiendra sa prochaine réunion à Amsterdam, les 17, 18 et 19 septembre prochain.

Le Congrès annuel de l'Association des Chimistes de sucrerie et distillerie se tiendra à Reims du 23 au 26 juillet.

L'Association des Industriels de France contre les Accidents du Travail met au Concours une enveloppe protectrice contre la projection des éclats en cas de rupture de meules de toutes compositions (dites meules artificielles) à l'exception des meules en grès. Les documents sont déposés à la Bibliothèque.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans un prochain Bulletin.

Avant de donner la parole à M. Salguès, M. le Président dit que notre Collègue, M. A. de Gennes, lui a demandé quelques minutes pour faire connaître à la Société un *Broyeur à vilebrequins d'un nouveau système.*

M. A. DE GENNES a la parole.

Il donne une courte description du broyeur à vilebrequins Cléro.

Ce broyeur est basé sur la force centrifuge. Six vilebrequins, en acier non trempé, sont maintenus entre deux flasques qui les entraînent et qui tournent à 800, 1 000 ou 1 200 tours par minute. Ils s'étendent vers l'extérieur et viennent frapper, avec une grande vitesse tangentielle, les matières dures qu'on fait tomber dans le gueulard.

Deux tôles quart-cylindriques, percées de petits trous (10 à 4 *mm*), sont à la partie inférieure et tamisent le produit, relevé ensuite par une chaîne à godets.

L'appareil broie environ 2 *t* de minerai dur par heure ; 3 ou 4 *t* de plâtre, charbon ou sable de fonderie ; un modèle plus gros broie jusqu'à 32 *t* de plâtre à l'heure.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. de Gennes de sa communication ; il remercie également MM. Salguès et Guillet d'avoir bien voulu consentir à laisser notre Collègue parler avant eux.

M. A. SALGUÈS a la parole pour sa communication sur *l'Électro-métallurgie du zinc.*

M. A. SALGUÈS dit qu'on opère encore aujourd'hui par distillation en tubes ou cornues réfractaires ; on a souvent cherché à perfectionner cette méthode, mais on ne paraît pas y avoir réussi.

M. Salguès a repris ces recherches par l'électro-thermie, et a inventé un procédé qui fonctionne industriellement dans l'usine à carbure de calcium de Crampagna (Ariège).

Ce procédé consiste en ceci : dans un four électrique clos, les minerais oxydés et sulfurés de zinc, additionnés de fondants appropriés, sont fondus et mis en réaction, soit entre eux, soit avec des matières complémentaires, carbone, fer, etc. Il en résulte la formation d'une scorie pratiquement dépouillée de zinc, qui est coulée et rejetée, et la mise en liberté pour ainsi dire intégrale du métal, qui coule ou se volatilise suivant les conditions du travail ; s'il coule, il est recueilli sous les scories ; s'il se volatilise, ses vapeurs sont recueillies à l'état métallique dans un condenseur.

Ces vapeurs peuvent être brûlées à leur sortie et recueillies sous forme de blanc de zinc.

On ne laisse guère que 1 0/0 de zinc dans les scories ; on peut ainsi

traiter des minerais actuellement délaissés et sans valeur, avec des rendements dépassant 90 0/0.

On peut traiter directement la blende, qu'il n'est plus nécessaire de griller.

Lorsque les minerais sont plombeux et argentifères, ces métaux passent avec le zinc, avec un rendement aussi élevé.

Comme les chutes hydrauliques sont fréquentes en pays de montagne, auprès des mines, on pourra traiter sur place les minerais les plus divers, qui ne peuvent jusqu'à ce jour être transportés et traités au loin.

Avec des minerais froids, à 40 0/0 de zinc, dans des fours de 100 kilowatts, la production est de près de 5 *kg* par kilowatt et par jour, bien qu'en période d'essais, on pense, avec des fours adaptés spécialement à ce service, obtenir 2 *t* de zinc par kilowatt par an.

Avec des minerais chauffés au préalable, la production serait probablement doublée.

M. Salgués décrit en détail les diverses phases et variantes du procédé, et montre des vues d'ateliers en pleine opération, tant de zinc métallique que de blanc de zinc.

M. H. Couriot demande quelle était la teneur en zinc des minerais traités par M. Salgués, s'il y en avait de siliceux, et quelle était la capacité de production des fours; ce même traitement a-t-il été appliqué à la galène?

M. Salgués répond que la teneur en zinc des minerais traités était de 40 à 45 0/0, mais il a pu traiter des minerais pauvres de 22 0/0, très siliceux, contenant de 35 à 40 0/0 de silice; avec des fours de 100 kilowatts, cela correspondrait à 200 tonnes par an.

Quant à la galène, M. Salgués dit qu'elle ne présente pas le même intérêt. Notre Collègue espère pouvoir arriver à obtenir directement le zinc sans passer par la distillation.

M. le Président remercie M. Salgués de sa communication très claire et très précise sur l'emploi d'un procédé qui paraît destiné à devoir prendre une extension assez grande plus tard.

M. L. Guillet a la parole pour sa communication sur la *Métallographie microscopique et son utilisation comme méthode d'essai.*

M. L. Guillet, après avoir rappelé les débuts de la métallographie et les superbes recherches de M. Osmond que la Société a couronnées l'an dernier par l'un des Prix Schneider, résume la question de la constitution des alliages; il étudie successivement les cas où des métaux ne peuvent s'allier, où ils donnent naissances à des combinaisons, à des mélanges isomorphes, où ils peuvent se présenter sous diverses formes allotropiques.

Il envisage rapidement les méthodes permettant les recherches sur la constitution des alliages et se trouve ainsi conduit à l'étude de la métallographie microscopique.

Une observation micrographique nécessite les opérations suivantes: le polissage, l'attaque, l'examen microscopique et souvent la photographie.

M. Guillet résume ces manipulations et les appareils exigés; puis il

rappelle les différents constituants des aciers au carbone : ferrite, cémentite, perlite, sorbite, martensite, troostite et austenite.

L'étude des aciers spéciaux, entreprise par l'auteur, constitue la fin de cette communication.

Dans ses recherches, M. Guillet a utilisé, pour tous les aciers, deux séries : l'une à 0,200 de carbone environ; l'autre à 0,800 de carbone. — Dans chaque série, l'élément étranger va en croissant progressivement de 0 à 40 0/0.

D'après ces recherches, les aciers au nickel peuvent être divisés en trois classes qui sont :

CLASSES	MICROSTRUCTURES	0.200 C	0,800 C
I	Perlite.	De 0 à 10 0/0 Ni	De 0 à 7 0/0 Ni
II	Martensite.	De 10 à 27 0/0 Ni	De 7 à 15 0/0 Ni
III	Fer γ	Ni $>$ 27 0/0	Ni $>$ 15 0/0

Les propriétés mécaniques indiquent nettement ces divisions. Les aciers de la 1re classe ont sensiblement mêmes propriétés que les aciers au carbone; cependant, leur charge de rupture est un peu plus élevée que pour ces aciers; leur résistance au choc est plus forte, et surtout leur homogénéité est plus grande.

Les aciers de la 2e classe sont à haute charge de rupture, faibles allongements. — Ils offrent peu de résistance au choc.

Ceux de la 3e classe présentent des qualités spéciales, déjà connues, qui les rapprochent de certains métaux tels que le nickel.

Les aciers au manganèse se classent en trois groupes jouissant des mêmes propriétés que les aciers au nickel. — Le tableau suivant résume leur subdivision.

CLASSES	MICROSTRUCTURES	0,200 C	0,800 C
I	Perlite.	De 0 à 5 0/0 Mn	De 0 à 3 0/0 Mn
II	Martensite.	De 5 à 12 0/0 Mn	De 3 à 7 0/0 Mn
III	Fer γ	Mn $>$ 12 0/0	Mn $>$ 7 0/0

Les aciers au chrome se subdivisent bien en trois classes, mais la troisième présente un constituant spécial, carbure double de fer et de chrome, qui donne des propriétés spéciales aux produits. En effet, les aciers de la 3e classe sont à charge de rupture et à limite élastique relativement basses; ils possèdent de belles strictions, de grands allongements; mais ils sont extrêmement fragiles. — Ce point est très important et montre nettement que l'essai à la traction n'est pas suffisant pour montrer la non-fragilité d'un acier. Voici la classification à laquelle conduit l'étude des aciers au chrome :

CLASSES	MICROSTRUCTURES	0,200 C	0,800 C
I	Perlite.	De 0 à 7 0/0	De 0 à 5 0/0
II	Martensite.	De 7 à 15 0/0	De 5 à 10 0/0
III	Constituant spécial, formé de rognons blancs très brillants.	Cr > 12 0/0	Cr > 10 0/0

Enfin, les aciers au tungstène sont plus simples à étudier. Les aciers à faible teneur ont sensiblement mêmes propriétés et même structure que les aciers au carbone. — Quand le tungstène atteint un certain pourcentage, on voit naître un carbure double de fer et de tungstène qui est le principal constituant de ces aciers. — Ceux-ci ont alors une charge de rupture élevée, de faibles allongements et strictions et une assez forte fragilité.

Le tableau suivant donne la classification de ces aciers :

CLASSES	MICROSTRUCTURES	0,200 C	0,800 C
I	Perlite.	De 0 à 10 0/0 W	De 0 à 5 0/0 W
II	Constituant spécial . . .	W > 10 0/0	W > 5 0/0

De très nombreuses projections rendent cette communication claire. A noter tout spécialement une vue d'un acier à 40 0/0 de tungstène et qui n'a pu être laminé. On y trouve des cristaux magnifiques et d'une netteté remarquable.

M. Guillet attire l'attention sur la coïncidence absolue de la micrographie et des résultats obtenus dans les essais mécaniques.

Pour mieux démontrer ce fait, il étudie les perturbations intermoléculaires survenues dans certains aciers par des traitements calorifiques (trempe, recuit, refroidissement), chimiques (cémentation, décarburation), mécaniques (laminage, écrouissage et tréfilage), et projette de nombreuses vues micrographiques et courbes d'essais qui font bien voir la concordance.

En terminant, M. Guillet annonce qu'il espère pouvoir montrer d'ici peu, dans une nouvelle communication, l'importance industrielle de ces résultats.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Guillet de la communication qu'il a bien voulu nous faire sur ses travaux si intéressants et si complets. Ce sont là des recherches du plus haut intérêt, mais de longue haleine, et notre Société sera toujours heureuse lorsque notre Collègue voudra bien nous apporter le résultat de ses études.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. J.-A. Marion, H.-D. Rollet et G. Romieu, comme Membres Sociétaires.

MM. A.-F. de Bazelaire, A. Bitterlin, L. Bochet, A.-J. Carbonnier, E.-A. Carlier, A. Dufort, M.-H. Hermann, Ch.-A. Stofft, F.-L. Tellier, sont admis comme Membres Sociétaires.

La séance est levée à 11 heures.

Le Secrétaire,

A. DE GENNES.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 17 JUILLET 1903

PRÉSIDENCE DE M. P. BODIN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de :

MM. Ernest Enfer, Membre de la Société depuis 1889. Constructeur de forges portatives et pompe à air;

Oscar Brémond, ancien Élève de l'École Centrale (1866), Membre de la Société depuis 1899. Ingénieur civil;

Albert-Désiré Dujardin, Membre de la Société depuis 1898. Ingénieur-constructeur. Président du Tribunal de Commerce et Membre de la Chambre de Commerce de Lille;

Paul Maunoury, Membre de la Société depuis 1892. Chevalier de la Légion d'honneur. Industriel, Président de la Chambre Syndicale des papiers en gros.

M. le Président adresse aux familles de nos regrettés Collègues, l'expression des sentiments de condoléance de la Société tout entière.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer les décorations suivantes; ont été nommés :

Chevalier de la Légion d'honneur : M. F.-M. Richard;

Officier de l'Instruction publique : M. G. Forgue;

Officiers d'Académie : MM. P.-A. Guiard et E.-J. Giraud;

Commandeur du Mérite agricole : M. R. Berge;

Chevaliers du Mérite agricole : MM. H. Bresson, J.-M. Faucher, L. Leuvrais;

L'empereur de Chine a conféré à notre Vice-Président, M. L. Coiseau, la décoration de troisième classe du deuxième grade de l'Ordre du Double Dragon :

M. A. Gallut a été nommé chevalier de l'Ordre Royal militaire de Notre-Dame de la Conception de Villa-Viçosa ;

M. H. Faucher a été nommé chevalier de l'Ordre du Cambodge ;

M. L. Saint-Martin a reçu la médaille d'argent d'Alphonse XIII.

M. LE PRÉSIDENT adresse à ces Collègues les félicitations de la Société tout entière.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans un prochain Bulletin.

Parmi les ouvrages reçus, il signale plus spécialement une brochure de notre Collègue, M. Bougault, sur *les Richesses hydrauliques dans les Alpes françaises* et celle de M. Gay, sur les *Câbles sous-marins*.

Le Bureau du Congrès de la Houille blanche nous a également fait parvenir deux volumes fort intéressants, publiés à l'occasion et à la suite de ce Congrès.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que, conformément aux usages pendant les Vacances, les Bureaux et la Bibliothèque seront ouverts de 9 heures à midi et de 2 à 5 heures.

Une Exposition se tiendra à Arras de mai à octobre 1904.

A l'occasion du percement du Simplon, une Exposition aura lieu à Milan, en 1905.

M. P. MACHAVOINE a la parole pour une communication sur des *Considérations générales sur la préparation mécanique des minerais*.

Il se place plus spécialement au point de vue de l'Ingénieur-Conseil, en déterminant dans quelles conditions l'installation d'un atelier de préparation mécanique doit être étudiée avec le constructeur spécialiste.

Il s'agit d'obtenir un minerai *marchand*, en obtenant une épuration plus ou moins complète, et en se débarrassant d'une quantité de stérile qui doit être déterminée ; en effet, si l'on enlève tout le stérile, les frais d'enrichissement sont trop élevés, et si on n'en enlève pas assez, la valeur marchande est moindre. Il faut donc se tenir entre ces deux extrêmes.

Il est tout d'abord nécessaire de monter l'atelier pour la moyenne des minerais de la mine.

Pour choisir le procédé à suivre, M. Machavoine examine un exemple montrant les conditions techniques des minerais galéneux et blendeux.

Il détermine ensuite dans quelles limites, suivant la valeur, sur la mine, du minerai, la distance de la fonderie, etc., on peut procéder à l'enrichissement du minerai, et donne quelques formules simples pour cette étude.

Il met en garde les exploitants contre une illusion assez répandue sur la perte normale dans une laverie mécanique, qui, d'après lui, est en pratique beaucoup plus forte que ne l'indique la théorie.

La question main-d'œuvre vient aussi se présenter dans la question.

M. Machavoine termine en conseillant aux exploitants de réserver constamment une partie des bénéfices pour faire des essais avec les appareils nouveaux à mesure qu'ils apparaissent, car un procédé perfectionné peut donner de notables économies.

M. le Président remercie M. Machavoine de sa communication dont les considérations seront souvent d'une grande utilité pour l'établissement de projets d'exploitations minières.

M. de Traz a la parole pour sa communication sur la *Traction électrique et les Trains à unités multiples.*

M. J. de Traz, considérant l'intérêt d'actualité qui s'attache à l'application de la traction électrique aux chemins de fer, donne tout d'abord une définition des trains *à unités multiples*, dont il se propose d'indiquer le récent développement et les avantages remarquables. Les trains à unités multiples sont des trains sans locomotives, homogènes, constitués d'éléments semblables les uns aux autres, dont chacun possède les moteurs nécessaires à assurer sa marche propre. Chaque élément ou *unité* peut être manœuvré individuellement. Plusieurs unités, réunies en un train d'une longueur quelconque, obéissent ensemble à la manœuvre unique d'un seul conducteur.

M. de Traz fait l'historique de la traction électrique, et note l'apparition successive des locomotives électriques comportant le transport d'un poids mort inutile, des *voitures-locomotives* utilisées pour le trafic au même titre que les voitures de remorque, et des *voitures-locomotives doubles* permettant la marche dans les deux sens. Il parle en outre, et plus spécialement, des premières applications des trains à unités multiples, imaginés par *Frank J. Sprague*, préconisés par lui dès 1885, et dont le nombre de voitures motrices s'élève actuellement en Amérique à plus de 2 000.

Étudiant ensuite les conditions d'exploitation des lignes de banlieue, il conclut à l'avantage des trains à unités multiples. Se séparant et s'assemblant très rapidement, ces trains faciliteront des combinaisons favorables au service des embranchements, et la réduction du matériel en circulation aux heures de faible trafic. N'exigeant aucune manœuvre aux terminus, ils permettront de restreindre la surface occupée par les gares et la durée des battements. Seuls enfin, à cause de la forte proportion de poids adhérent qu'ils autorisent, ils assureront des démarrages prompts, c'est-à-dire un dégagement rapide des voies et des vitesses commerciales relativement élevées, malgré le rapprochement nécessaire des stations.

Envisageant ensuite l'exploitation des métropolitains, M. de Traz combat l'emploi des trains à locomotives ou voitures-locomotives, et montre que les trains à voitures-locomotives doubles ne sont qu'une solution imparfaite. Il reconnaît que l'augmentation du nombre des voitures motrices entraîne un accroissement des dépenses d'établissement, mais émet l'opinion que cet accroissement peut être compensé, et au delà, par une économie dans la dépense de courant résultant de l'emploi de puissances supérieures. Et pour en prouver le bien-fondé, il compare deux

trains de sept voitures dont deux ou trois sont des motrices de même puissance. Étudiant leur marche par la méthode graphique, et prenant comme données les chiffres les moins favorables à sa thèse, M. de Traz démontre qu'il suffirait que le parcours journalier soit d'environ 220 *km* pour que le train à trois motrices soit plus économique que le train à deux motrices, la vitesse commerciale étant d'ailleurs la même, et la vitesse maxima restant légèrement inférieure. Le train à trois motrices aurait ce très précieux avantage de se trouver, en cas d'avarie à une motrice, dans les conditions du train à deux motrices auquel il a été comparé, et de garder par suite la même vitesse commerciale.

M. de Traz, ayant également envisagé l'emploi avantageux, sur les lignes autres que les lignes métropolitaines et de banlieue, des trains à unités multiples, termine en décrivant les dispositions générales de ces trains, et en citant les divers systèmes d'unités multiples employés jusqu'à ce jour. Il indique brièvement les particularités de chacun d'eux.

M. Ed. Charton dit que la question traitée par notre Collègue lui semble importante et assez intéressante pour mériter une discussion complète et générale.

La suppression de la plus grande partie du poids mort, l'utilisation de celui qui reste pour l'adhérence, la suppression des chocs au démarrage, ainsi que la diminution des chances d'arrêt par suite d'avaries en cours de route, lui paraissent être des avantages très séduisants.

M. Ch. Bauday n'a pas l'intention d'aborder aujourd'hui la discussion générale proposée par M. Charton. Il désire seulement donner quelques renseignements succincts sur une application particulière d'un des systèmes de trains à unités multiples qu'a cités M. de Traz, le système Auvert.

Ce système est appliqué depuis deux ans et demi sur une ligne de 20 *km* appartenant à la compagnie P.-L.-M. et reliant le Fayet-Saint-Gervais à Chamonix. Cette ligne présente deux longues rampes de 80 et de 90 *mm* par mètre, et elle est cependant exploitée par simple adhérence. Aussi les véhicules y sont-ils à peu près tous automoteurs, et ils circulent par trains ayant jusqu'à dix véhicules. La commande de tous les moteurs du train est entre les mains d'un seul conducteur placé en tête; elle se fait au moyen du servo-moteur Auvert dont on trouvera la description détaillée dans le Bulletin de la Société d'Avril 1900.

Les premiers trains à unités multiples ont circulé sur cette ligne en mars 1901 pour les transports destinés à la construction de la ligne. La ligne a été ouverte au public le 25 juillet 1901, et depuis lors le système Auvert a toujours parfaitement fonctionné.

M. Baudry rappelle en terminant que M. Auvert a pris son brevet en février 1895 et l'a laissé tomber dans le domaine public dès la première année.

M. le Président dit que la proposition de M. Ed. Charton sera étudiée par le Bureau, qui verra s'il est possible d'organiser, après la rentrée, une discussion sur ce sujet.

Il remercie M. de Traz de sa communication si claire et si intéressante.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. F.-H. Caissial, V. Delion, P.-M.-E. Donon, D. Kainscop, A.-H. Marot, J.-L.-C. Mercier, Ch. Stigler, L. Trudeau, comme Membres Sociétaires et de M. P.-L.-H. Deshayes comme Membre Associé.

MM. J.-A. Marion, H.-D. Rollet et G. Romieu sont admis comme Membres Sociétaires.

La séance est levée à 11 heures.

Le Secrétaire,
A. de Gennes.

LE BROYEUR A VILEBREQUINS CLÉRO

PAR

M. A. de GENNES

Le broyeur Cléro est un appareil destiné à obtenir la granulation ou la pulvérisation de toutes les matières, depuis les plus dures (minerai de fer ou de cuivre, quartz, baryte, grès), jusqu'aux plus tendres (plâtre, chaux, sel, sable de fonderie), et même des matières animales ou végétales (os et sang pour engrais).

Il est basé sur une application ingénieuse de la force centrifuge; sa construction est extrêmement simple.

Deux flasques en acier *bb'*, séparés par deux demi-cylindres de diamètre plus petit faisant corps avec chaque flasque et venant buter l'un sur l'autre, forment deux cercles parallèles. Sur le plan de ces cercles sont percés six trous sur chaque flasque. Dans ces trous, placés dans chaque flasque en face les uns des autres, deux à deux, se trouvent emmanchées les extrémités de barres d'acier non trempées présentant une quadruple courbure et formant ainsi six vilebrequins *c* qui peuvent tourner sur leur extrémité comme axe.

A l'extrémité des flasques sont placées de chaque côté deux douilles de métal *ee'* dans lesquelles passe un axe *a*. Ces douilles tournent dans des paliers et les deux extrémités de l'axe portent chacune une poulie *f*, *f'* sur laquelle vient passer une courroie destinée à mettre l'appareil en mouvement de rotation. Tout est donc symétrique. Le système des flasques et des vilebrequins est contenu dans une boîte en métal *g* portant à un bout supérieur un gueulard *h* destiné à l'introduction des matières à broyer et en face de ce gueulard sont des barres *g'* donnant un choc d'arrêt aux morceaux qui seraient lancés dessus.

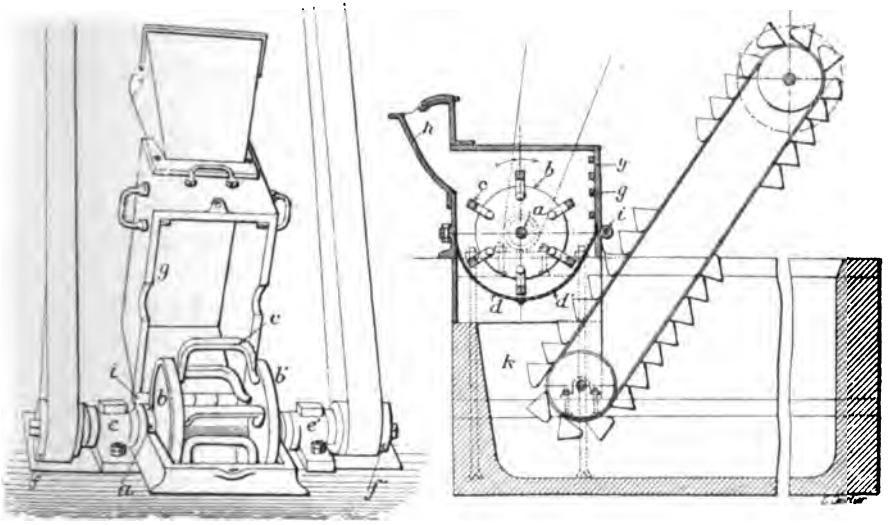
A la partie inférieure de la boîte sont placées deux tôles *dd'* en forme chacune d'un quart de cylindre. Ces tôles sont perforées par des trous circulaires destinés à laisser passer la matière pulvérisée. L'expérience a fait reconnaître que les meilleurs

résultats étaient obtenus quand la tôle sur laquelle passent d'abord les matières offrait des trous plus grands que la seconde.

La poudre est relevée par une chaine à godets *k*.

Le fonctionnement de l'appareil est le suivant :

L'axe met en mouvement les flasques qui en sont solidaires; ceux-ci entrainent les vilebrequins qui par la force centrifuge se tiennent aussi en dehors que possible. Chaque vilebrequin vient en passant devant le gueulard frapper la roche qu'on y fait descendre; si sa force est suffisante il la pulvérise; sinon il recule en s'infléchissant sur son axe et le suivant vient un temps



très court après frapper sur le même point qui ne tarde pas ainsi à se désagréger.

Suivant la dureté des matières à broyer, la vitesse est plus ou moins grande et varie de 800 à 1 200 tours par minute, ce qui donne dans le même temps un nombre de chocs des vilebrequins de 5 000 à 7 000 environ.

Le modèle usuel a une profondeur de fosse de 0,40 *m*, une longueur de 0,70 *m* et une largeur de 1,10 *m* y compris les poulies. Il est donc très peu encombrant. La partie supérieure se relève au moyen de poignées pour la visite de l'intérieur; les vilebrequins ne subissent qu'une usure minime et peuvent facilement se remplacer, et enfin les douilles qui subissent seules l'usure sont également facilement remplaçables. Cet appareil est donc de construction robuste et économique comme répara-

tions. Il demande une force de 7 à 8 *ch* au moyen desquels on obtient les résultats suivants :

Matières broyées.	Quantité à l'heure.
Sable de fonderie.	4 *t*
Plâtre, chaux, sel, charbon . .	2 à 3 *t*
Minerai de fer ou de cuivre . .	1 500 à 1 800 *kg*
Quartz, baryte, grès.	1 800 à 2 000 *kg*
Os, sang pour engrais.	800 à 1 000 *kg*

Les chiffres ci-dessus pour du minerai de cuivre ou d'or sont obtenus avec une finesse de 1 *mm* avec deux grilles de 10 et 4 *mm*. Si on désire une poudre impalpable en passant une quantité moitié moindre, on prend une grille de 3 *mm* et une tôle. La finesse est, en effet, toujours de trois à quatre fois plus grande que le diamètre de la petite grille. Cela peut s'expliquer par l'entraînement du courant qui ne laisse tomber à leur passage devant les trous que les grains qui sont beaucoup plus petits qu'eux.

Pour des minerais tendres, comme par exemple du plâtre, on fait un modèle plus grand dans lequel on a passé des quantités allant jusqu'à 32 *t* à l'heure.

La solidité de l'appareil est telle que des morceaux de fer tombés dedans ne l'abiment aucunement et sont même broyés. Nous avons vu des morceaux d'une lime tiers-point jetés intentionnellement dans l'appareil pour éprouver sa solidité, qui étaient cassés au bout de quelques secondes, et si on les laisse plus longtemps ils sont absolument détruits.

Cet appareil paraît donc très intéressant pour toutes les industries qui ont à broyer ou à pulvériser des matières ou minerais quelconques, vu son faible encombrement, le peu de force qu'il demande et sa bonne utilisation.

EXPOSÉ DES DERNIÈRES

EXPÉRIENCES INDUSTRIELLES ÉLECTRO-MÉTALLURGIQUES

POUR LA

FONTE DE MINERAIS DE CUIVRE

dans des fours électriques

RÉALISÉES EN FRANCE (1)

PAR

M. Ch. VATTIER

Il y aura bientôt deux ans, j'avais l'honneur, dans cette même salle, de vous parler des remarquables expériences réalisées sur des minerais de fer dans des fours électriques, par le capitaine Erneste Stassano, à Darfo, en Italie. Je vous décrivais également les usines électro-métallurgiques que j'avais eu l'occasion de visiter aux États-Unis et en Europe et vous manifestais alors, prévision qui a été réalisée, mon espoir que bientôt ces nouveaux procédés, rendus si économiques et si pratiques par les ressources de la *houille blanche*, quitteraient les domaines du laboratoire et des petites usines expérimentales pour entrer franchement dans la grande voie industrielle.

Vous connaissez tous l'histoire, encore récente, de l'électro-métallurgie : s'appuyant sur les savantes observations des Moissant, Siemens, Acheson, Minet et autres notabilités de la science, nous avons vu lutter avec acharnement des hommes de science et d'industrie, comme : Stassano, Héroult, Laval, Keller et tant d'autres qu'il serait trop long de mentionner ici, pour créer une nouvelle métallurgie électrique qui est la métallurgie de l'avenir.

Chargé, deux fois en l'espace de trois ans, d'une mission du Gouvernement Chilien en Europe et aux États-Unis, pour y étudier les nouveaux procédés électro-métallurgiques, je crus utile,

(1) Communication faite à la séance du 19 juin 1903.

en août dernier, d'apporter avec moi du Chili environ 200 *t* de minerais de cuivre, de fer et de manganèse, pour exécuter en France des expériences industrielles de fonte de ces minerais dans des fours électriques; ce sont les résultats de ces expériences qui constituent le but principal de cette conférence, qui sera des plus brèves, en vue de la nécessité de laisser aujourd'hui la parole à plusieurs éminents conférenciers.

Les premières expériences sur des minerais de cuivre furent faites, en septembre, sur une assez grande échelle, à l'usine de « La Praz » (Modane), sous la direction de M. Héroult et en présence de plusieurs métallurgistes.

Les résultats furent des plus satisfaisants, tant au point de vue des conditions industrielles et économiques réalisées qu'au point de vue de la production de mattes de cuivre d'un titre suffisamment élevé et de scories de rejet ne contenant plus qu'une quantité insignifiante de cuivre.

Avec deux électrodes en charbon, de section carrée de 0,25 *m*, plongeant au milieu du minerai dans un creuset rectangulaire en briques et brasque, en marchant à une allure de 3500 à 4000 ampères et environ 110 volts, nous sommes arrivés, avec 500 à 600 *ch* de force, à fondre environ 18 *t* de minerais de cuivre (d'un titre de 7 0/0 Cu) par vingt-quatre heures, en produisant des mattes de 43 à 45 0/0 de cuivre et des scories de 0,1 à 0,2 0/0 de cuivre.

Les conditions pratiques de la facile séparation ou décantation des mattes et scories présentèrent alors quelques difficultés, qui depuis ont disparu.

Quelques mois plus tard, je fus autorisé à faire de nouvelles études sur le même sujet, dans l'usine de MM. Keller et Leleux, sous la direction de M. Keller, à l'usine de Kerousse, en Bretagne.

C'est là que nous avons arrêté, d'accord avec M. Keller, les forme et marche définitives des fours et appareils accessoires qui, dernièrement et à plusieurs reprises, ont fonctionné, d'une façon parfaite, à la grande usine électro-métallurgique louée par MM. Keller et Leleux, à Livet, près Grenoble. Une première série d'expériences, réalisées dans des proportions vraiment industrielles et dans des fours tels que ceux qui seront adoptés dans les futures usines, nous avait prouvé que, pour les minerais de cuivre, le problème était complètement résolu.

Le 21 avril dernier, nous avons répété à Livet ces mêmes expé-

riences sur diverses espèces de minerais de cuivre, provenant du Chili, devant une Commission composée de :

MM. Stead, Ingénieur métallurgiste à Middlesbrough;
Allen, Ingénieur métallurgiste à Middlesbrough;
Reynold's, Ingénieur métallurgiste à Londres;
Pirie, membre du Parlement anglais;
Saladin, Ingénieur en chef du Creusot;
de la Bouglise, Ingénieur des Mines, Paris;
Renevey, Ingénieur, Paris;
Bougère, banquier, Angers;
Vattier, Ingénieur de l'École Centrale.

Un procès-verbal, signé, de ces expériences accompagne cette note. M. Keller dirigeait la partie électrique des expériences et le soussigné la partie métallurgique (1).

(1) Cette expérience a été effectuée à l'usine de la Compagnie Electro-thermique Keller, Leleux et Cie; à Livet, le 21 avril 1903, en présence de :

MM. Stead, Ingénieur métallurgiste, à Middlesbrough;
Allen, Ingénieur métallurgiste, à Middlesbrough;
Reynolds, Ingénieur métallurgiste, à Londres;
Pirie, M.-P., de Londres;
Saladin, Ingénieur en chef du Creusot;
Vattier, Ingénieur chargé de mission par le gouvernement du Chili;
de la Bouglise, Ingénieur des Mines, Paris;
Renevey, Ingénieur, à Paris;
Bougère, banquier à Angers.

Les expériences ont été dirigées par M. A. Keller, Ingénieur, Directeur technique de la Compagnie Electro-thermique Keller, Leleux et Cie.

Le traitement a été effectué avec le four électrique double, système Keller.

Minerais. — Composés de minerais :

Du Volcan
Magnère } en proportions indiquées par M. Vattier.
Charlin

Il a été fondu 8 000 *kg* de mélange en huit heures de fonctionnement.

Puissance. — Elle a été de :

ampères × volts × cos φ
4 750 × 119 × 0,9 = 500 kilowatts.

Fonctionnement. — Tout à fait normal.

Consommation d'électrodes. — Les électrodes employées étaient de mauvaise qualité; malgré cela, l'usure relevée a été en longueur de 6 à 7 *kg* par tonne de minerai.

M. Keller fait remarquer que dans des expériences précédentes, avec une qualité un peu meilleure, il avait obtenu une consommation de 5 *kg* maximum par tonne de minerai, et qu'avec l'emploi d'électrodes en graphite, la consommation serait plus réduite encore.

Produits obtenus. — La matte et les scories ont été coulées séparément; les analyses ont été faites et ont donné :

Mattes. . . . . Cu = 43 0/0
Scories . . . . . Cu = 0,1 0/0

Signé : C. Vattier, A. Allen, E. Stead, A. Reynolds, Renevey, D.-V. Pirie, de la Bouglise, G. Bougère, A. Keller.

Avant d'aller plus loin, je dois d'abord préciser le but que nous voulions atteindre :

Il ne s'agit pas, ici, d'une pierre philosophale qui transforme tout à coup du minerai de cuivre en cuivre métallique pur, ni qui vienne bouleverser les réactions bien connues de la vieille métallurgie du cuivre.

Il ne s'agit pas non plus d'un procédé qui supprime toutes les dépenses habituelles et arrive à faire gagner des millions... imaginaires, avec n'importe quel minerai et dans n'importe quelle région !

Laissons à des prospectus fantaisistes qui circulent en ce moment dans certains centres financiers le monopole de ces élucubrations qui coûteront cher aux naïfs, et prenons cette question de plus haut, à un point de vue scientifique et vraiment industriel, et surtout à un point de vue qui permette à tous les vrais travailleurs de perfectionner encore ces procédés et d'en tirer de légitimes bénéfices.

Tout le monde sait que, généralement, dans la métallurgie du cuivre par la voie sèche, soit dans des fours à réverbère, soit dans des fours à manche, on transforme d'abord, avec de la houille ou du coke, les minerais de cuivre en mattes de cuivre d'un titre variable entre 40 et 50 0/0, et qu'ensuite ces mattes sont soumises, soit à des grillages avec refonte, soit au traitement spécial des convertisseurs ou sélecteurs, ou aux fours à réacteur Thofern et Saint-Seine, etc., pour être transformées en barres de cuivre que l'on raffine dans des fours ou qu'on soumet à l'électrolyse pour en retirer du cuivre électrolytique et en séparer l'or et l'argent.

Pour le moment, notre but est uniquement de supprimer la dépense de la *houille noire* (coke, houille ou charbon de bois) qu'on emploie pour la fonte du minerai jusqu'à la *matte*, et de remplacer les *calories* produites par la *houille noire* par des calories électriques produites par la *houille blanche*, c'est-à-dire par des forces hydrauliques.

Une fois cette *matte* obtenue, nous la livrons aux appareils actuellement employés en métallurgie (convertisseurs, sélecteurs, réacteurs, etc.), et c'est tout au plus si nous demandons à l'électricité de nous prêter son concours pour achever les réactions, là où des électrodes peuvent encore nous fournir les calories nécessaires.

En un mot, nous cherchons surtout à appliquer ces procédés

là où le charbon est cher et où on peut se procurer, dans de bonnes conditions économiques, de puissantes forces hydrauliques, et c'est la différence entre le coût de la *houille noire* et celui de la *houille blanche* qui constituera le principal bénéfice que feront réaliser ces nouveaux procédés. C'est dans cet ordre d'idées que nous avons réalisé les dernières expériences dont je vais faire une succincte description.

Minerais.

Nous avons opéré sur deux classes de minerais :

1° Minerais de cuivre provenant de la mine du « Volcan » (Chili) de M. Gregorio Donoso.

Le titre en cuivre était d'environ 7 0/0, sous forme de sulfure jaune de cuivre.

Ce minerai contient de 8 à 9 0/0 de soufre et sa gangue se compose de silicates, silice, un peu de carbonate de chaux et surtout d'oxyde de fer micacé ;

2° Minerais de cuivre provenant de centres miniers voisins de Santiago (Chili), mélangés avec un peu d'oxyde de manganèse (du Chili) et de chaux.

La composition du lit de fusion était la suivante :

Acide carbonique	4,310 0/0
Silice.	23,700
Alumine	4
Chaux	7,300
Magnésie	0,33
Fer	28,5
Manganèse	7,640
Soufre	4,125
Phosphore	0,046
Cuivre	5,100
Arsenic.	traces.

Ces minerais étaient, partie en morceaux assez volumineux, et partie en poudre.

On chargeait indifféremment à la pelle dans le creuset les morceaux, comme les menus et les poussières, sans avoir à

éprouver les inconvénients qui résultent de la présence des *fins* dans les fours à manche. Toutes les charges passées étaient soigneusement pesées et échantillonnées et on tenait un compte précis de la durée des diverses phases des expériences.

Des blocs assez volumineux et réfractaires, après un mouvement giratoire prononcé, ne tardaient pas à être dissous dans le lit de fusion.

Fours.

Le four proprement dit, de *première fusion* ou de *dislocation* des molécules par la chaleur, se compose d'un creuset rectangulaire en briques réfractaires dont les dimensions sont :

Longueur = 1,800 *m*; largeur = 0,90 *m*; hauteur = 0,90 *m*.

En dessous de ce creuset se trouve l'*avant-creuset* destiné à permettre la séparation bien nette de la matte et de la scorie; cet *avant-creuset* a comme dimensions :

Longueur = 1,20 *m*; largeur = 0,60 *m*; hauteur = 0,60 *m*.

Des orifices qu'on peut boucher à volonté par de petits tampons d'argile sont ménagés au fond du creuset supérieur, dont les produits s'écoulent à volonté par un petit canal dans l'*avant-creuset* inférieur.

Dans le creuset supérieur plongent à volonté, ou sont amenés au ras du bain, deux électrodes en charbon d'une section carrée de 0,30 *m* de côté et 1,70 *m* de longueur.

Dans l'avant-creuset pénètrent deux électrodes *réchauffeurs* de 0,25 *m* de côté.

Des orifices ménagés à divers niveaux de l'avant-creuset et débouchés au moyen d'un fleuret en acier, muni d'un bouton mobile pour recevoir le choc du marteau, permettent à volonté de faire écouler, soit les scories dans des rigoles en sable, soit les mattes dans des lingotières en acier, mues par un treuil roulant sur un pont situé à la partie supérieure de l'atelier. Des voltmètres et ampèremètres permettent de régler et préciser les intensités des courants.

On a marché avec courant alternatif.

Une combinaison spéciale permet à volonté d'élever et d'abaisser facilement et séparément chacun des électrodes.

Marche des opérations.

On descend les deux grands électrodes dans le creuset supérieur et on établit le courant en mettant quelques charbons et petits morceaux de matte au fond de ce creuset, dont on élève graduellement la température.

Les minerais sont élevés, par un treuil, sur une plate-forme supérieure et sont chargés autour des électrodes, lesquels sont élevés à mesure que la charge augmente.

La fusion commence rapidement et quand le creuset est plein de matières fondues et semi-fondues, on débouche au fleuret un orifice situé à environ 0,10 *m* du fond du creuset.

Le liquide, plus ou moins pâteux (au bout de quelque temps très fluide), s'écoule dans l'avant-creuset où les réactions s'achèvent, et on facilite la fin de ces réactions et la séparation des liquides au moyen des électrodes réchauffeurs.

Quand cet avant-creuset est à peu près plein, on fait écouler les scories par un des orifices supérieurs, et, quand on voit que la matte occupe un espace suffisant, on fait écouler cette matte par un orifice inférieur. On procède ainsi par *cuvées* successives tant dans le creuset supérieur que dans l'avant-creuset.

Éléments de la marche et de la production.

Avec ce four on peut fondre pour *mattes*, environ 25 *t* de minerais par vingt-quatre heures.

On a marché avec : ampères = 4 750 volts = 119 $\cos \varphi = 0{,}9$, ce qui correspond à 500 kilowatts ou 680 *ch* de force.

Ainsi, par exemple, pour fondre 100 *t* de minerais par vingt-quatre heures, il faudra disposer, aux dynamos, d'une force de : 2 833 *ch*, mettons : 3 000 *ch* de 75 *kgm*.

Produits obtenus.

On a recueilli des mattes dont l'analyse a donné :

Silice	0,800 0/0
Alumine	0,500
Fer	24,300
Manganèse	1,400
Soufre	22,960
Phosphore	0,005
Cuivre	47,900

et des scories de la composition suivante :

Silice (SiO^2)	27,2 0,0
Alumine.	5,2
Chaux.	9,9
Magnésie.	0,390
Fer	32,500
Manganèse.	8,230
Soufre.	0,570
Phosphore	0,062
Cuivre	0,100

Les premières et dernières scories donnent généralement un titre un peu plus élevé en cuivre.

On pourrait aussi tirer un bon parti des scories, à cause de leurs titres en fer et silice, pour fabriquer du ferro-silicium, en faisant directement écouler ces scories dans un creuset spécial et les soumettant *de suite*, afin de profiter de leurs calories acquises, à une haute température dans un four électrique spécial.

Ces mêmes scories, chargées d'éléments manganésifères, pourraient ainsi être aussitôt transformées en *ferro-manganèses* et *spiegels*.

Observations.

Pendant la marche des opérations, il convient d'arriver, au moyen d'un voltage suffisant, à faire passer l'arc ou courant électrique entre les deux électrodes, en maintenant ces derniers au ras du bain, afin d'éviter autant que possible leur contact avec ce bain. En effet, le charbon, à ces hautes températures, tend à réduire l'oxyde de fer en fer métallique, ce qui a les inconvénients suivants :

1° Usure plus rapide des électrodes ;
2° Dépense d'énergie électrique supplémentaire et inutile ;
3° Abaissement du titre en cuivre des mattes.

Avec des électrodes en graphite d'Acheson, cet inconvénient sera moindre.

Il est évident que dans le four à arc de Stassano, agissant par réverbération avec les électrodes complètement en dehors du bain, ce danger disparaîtrait, et c'est l'expérience qui, seule, pourra décider la question.

Mais, sans chercher absolument aucune amélioration à la situation actuelle du problème, si nettement résolu à Livet, on peut déjà se rendre parfaitement compte des avantages économiques et autres de ce nouveau procédé électro-métallurgique.

Comparaison entre les anciens procédés métallurgiques du cuivre et ceux de l'électro-métallurgie.

Prenons le cas d'une mine de cuivre située dans l'Amérique du Sud, au Chili, par exemple, à une assez grande distance de la côte, au pied de la Cordillère, comme le « Volcan » (d'où proviennent les minerais soumis aux expériences), c'est-à-dire là où le coke vaut au moins 100 *f* la tonne et où, à cause de la pente du terrain et de la situation locale, on peut se procurer une puissante force hydraulique, constante et économique.

Rapportons les chiffres comparatifs à une tonne de cuivre en barres qu'on retirera de ces minerais du « Volcan » d'un titre en cuivre d'environ 7 0/0, titre relativement assez élevé et qui, on doit le reconnaître, est supérieur à la moyenne de ce qu'il faut compter pour des exploitations sur une grande échelle.

Pour produire une tonne de cuivre, il faudra fondre environ 16 *t* de ces minerais, et laissant les mêmes facteurs relatifs à l'exploitation du minerai et transformation des mattes, étudions les éléments comparatifs des deux solutions :

1° Dans les fours à manche actuels au coke, pour produire cette tonne de cuivre dans des mattes, il faudra : 3200 *kg* de coke à 100 *f* la tonne, c'est-à-dire une dépense de 320 *f*;

2° Dans les fours électriques, la fonte de 16 *t* de minerais exigera une énergie de 1,25 kilowatt-an, et, comme il faut compter, dans cette région, le kilowatt-an à raison de 30 *f*, la dépense d'énergie sera de 1,25 kilowatt $\times$ 30 = 37,50 *f*, mettons : 38 *f*. La dépense en électrodes constatée par l'expérience a été de 75 *kg* par tonne de cuivre contenue dans les mattes (cette dépense peut être de beaucoup réduite par le dispositif des électrodes dont j'ai parlé et surtout par l'emploi d'électrodes de graphite), de sorte qu'il faut compter sur une dépense actuelle de 45 *f* pour cette usure d'électrodes.

En un mot, le procédé électro-métallurgique pour la fonte des 16 *t* de minerais introduira une dépense de :

$$38 + 45 = 83\ f,$$

et l'économie sur le procédé des fours à manche, pour ces facteurs principaux des calories, sera, par tonne de cuivre :

$$320 - 83 = 237\ f,\ \text{ou plus de £ 9.}$$

Les autres avantages introduits par l'emploi des fours électriques, de grande importance au point de vue pratique, sont les suivants :

1° Suppression des ventilateurs, indispensables dans les fours à manche ;

2° Possibilité, avec l'électricité, de fondre des lits de fusion beaucoup plus réfractaires que ceux passés aux fours à manche ;

3° Suppression de la confection des briquettes ou agglomération des menus et poussières ;

4° Réduction de la main-d'œuvre ;

5° Suppression des *accrochages*, si fréquents et si coûteux qui se produisent dans les fours à manche et suppression, également, des *engorgements* des creusets.

Maintenant, si nous prenons des minerais de cuivre de 4 0/0, nous voyons que, pour concentrer une tonne de cuivre dans les mattes, il faudra :

1° Dans les fours à manche, une dépense supplémentaire en coke de : $\frac{100}{1000} \times (5000 - 3200) = 180\ f$;

2° Dans les fours électriques, au lieu de 1,25 kilowatt-an, il faudra 2 kilowatts-an ou simplement une dépense supplémentaire de :

$$30\ f \times (2 \text{ kilowatts-an} - 1{,}25 \text{ kilowatts-an}) = 22{,}50\ f,$$

c'est-à-dire une économie supplémentaire de 157,50 *f*, chiffre relativement considérable pour un minerai de bas titre.

Naturellement il est impossible de fixer un chiffre moyen représentant l'économie qu'on réalisera pour chaque tonne de cuivre contenue dans des mattes... Cela dépendra des titres des minerais et surtout des conditions locales, mais je ne crois pas exagéré le chiffre probable de £ 10, comme moyenne de l'économie réalisée par tonne de cuivre pour le traitement des minerais de cuivre de l'Amérique du Sud, dans des mines situées loin de la côte et à proximité de puissantes et constantes chutes hydrauliques.

Conclusion.

Il convient à nos métallurgistes de continuer des études pratiques sur les applications des fours électriques, non seulement à la fonte des minerais de cuivre, mais au traitement d'autres minerais et principalement à celui des *blendes argentifères*, très abondantes dans certaines régions (en Bolivie, par exemple) et que, jusqu'ici, on n'a pu traiter d'une façon économique.

Je ferai la même observation pour les minerais de fer et de manganèse, qui, dans les régions lointaines, attendent une solution pratique permettant de les utiliser, en évitant des transports trop coûteux, avec les bas prix actuels de ces métaux.

Malgré les avantages évidents de ces nouveaux procédés électro-métallurgiques, lesquels sont certainement appelés à un grand avenir dans certains pays, *comme le Chili*, par exemple, où les conditions industrielles sont si favorables à tous les points de vue et surtout aux points de vue mines et chutes d'eau, il est de mon devoir, néanmoins, de mettre nos collègues et les capitalistes en garde contre les exagérations qui peuvent avoir de funestes conséquences.

Avant de risquer le moindre capital dans une entreprise électro-métallurgique dans des régions lointaines il faudra s'assurer avec le plus grand soin :

1° Si on peut compter, *non sur le papier*, mais bien réellement et avec des titres de propriété en règle sur des mines pouvant livrer des quantités *de minerais de titre suffisant* pour motiver des installations électro-métallurgiques, lesquelles sont très coûteuses à cause de la création de puissantes forces motrices hydrauliques;

2° Si, près de ces mines, ou au moins à des distances qui permettent des transports de force par l'électricité pas trop onéreuses, on peut acquérir d'une façon certaine et à l'abri de tout procès ou toute réclamation, de très puissantes et surtout *constantes* forces hydrauliques;

3° Si on trouvera, dans la région choisie pour les installations, la main-d'œuvre suffisante pour l'exploitation des mines, et des conditions industrielles permettant les installations.

Une longue expérience m'a démontré que ces conditions, possibles à réaliser sur quelques points privilégiés, sont générale-

ment bien rares, et il faut défendre notre épargne française contre le mirage des spéculations plus ou moins risquées et fantaisistes qui la menacent.

Soyons heureux, enfin, de constater que c'est en France qu'on a réalisé avec le plus de succès les progrès de l'électro-métallurgie et qu'une fois de plus nos compatriotes sont à la tête d'un mouvement scientifique et industriel.

LA

MÉTALLOGRAPHIE MICROSCOPIQUE

ET SON UTILISATION COMME MÉTHODE D'ESSAIS [1]

PAR

M. Léon GUILLET

La Métallographie microscopique est une méthode d'investigation absolument moderne. Elle a eu, comme début, la *Théorie cellulaire des Aciers*, publiée en 1886 par MM. Osmond et Werth, et les magnifiques travaux de M. Osmond, dont la Société des Ingénieurs Civils de France a reconnu elle-même l'importance en attribuant à son auteur l'un des Prix Schneider.

Le but de cette communication est de montrer tout particulièrement l'importance qu'a acquise, durant ces dernières années, la métallographie microscopique, en tant que méthode industrielle d'analyse.

A cet effet, nous exposerons tout d'abord le principe sur lequel elle repose, les appareils qu'elle exige, les manipulations qu'elle nécessite. Nous étudierons ensuite son application aux aciers, d'abord, aux aciers ordinaires puis aux aciers spéciaux. Nous examinerons, enfin, les conclusions qu'un praticien peut tirer d'un examen micrographique.

Mais avant d'entrer dans ces détails, il est nécessaire, pour rendre cet exposé aussi clair que possible, de rappeler en quelques mots ce qu'est la constitution des alliages.

La question que nous nous posons est de savoir ce qu'il peut arriver lorsque nous mettons en présence, à l'état fondu, deux ou plusieurs métaux, et que nous les mélangeons intimement.

Il découle des études faites par un très grand nombre de savants, au premier rang desquels il faut placer M. le professeur Le Chatelier, que les seuls cas qui peuvent se présenter sont les suivants :

1° Les deux métaux ne sont pas solubles l'un dans l'autre ;

(1) Voir planche n° 55.

le cas est plus fréquent qu'on ne le croit généralement. Nous avons montré, il y a deux ans, dans nos travaux sur les alliages d'aluminium, que l'on ne peut allier à l'aluminium ni le plomb, ni le bismuth, ni le cadmium ;

2° Les deux métaux peuvent s'unir pour donner de véritables combinaisons définies, que l'on peut arriver, généralement avec de grandes difficultés, à isoler de la masse métallique où ils se trouvent. C'est le cas le plus fréquent. Nous en verrons des exemples ;

3° Les deux métaux donnent des mélanges isomorphes; autrement dit, les métaux possèdent la propriété de cristalliser ensemble. Je citerai l'argent et l'or ;

4° Les métaux (ou l'un d'eux) peuvent exister sous différentes formes allotropiques : c'est le cas du fer, qui peut se présenter sous trois états différents, et du nickel, qui présente deux formes allotropiques ;

5° Enfin les métaux ne peuvent donner ni états allotropiques différents, ni combinaisons, ni mélanges isomorphes.

En résumé, les métaux peuvent ou se séparer entièrement les uns des autres dans la fusion, ou tout en se mélangeant ne pas agir les uns sur les autres, ou bien enfin s'unir pour former des composés chimiques définis et par conséquent jouissant de propriétés spéciales.

Un grand nombre de méthodes permettent d'étudier l'état dans lequel se trouvent les différents métaux dans un alliage quelconque, nous citerons la détermination des courbes de fusibilité, des densités, des résistances électriques, des dilatations, la détermination de la dureté, parfois même l'analyse chimique, qui peut permettre d'isoler certains constituants.

Mais de toutes ces méthodes que nous ne pouvons que signaler, la plus parfaite, la plus rapide, la plus certaine est la Métallographie microscopique.

La Métallographie a donc pour but d'arriver à la connaissance de la constitution intime des métaux et de leurs alliages et cela par un simple examen microscopique.

Le principe de cette méthode est très simple : le métal à observer est poli de la façon la plus parfaite ; puis cette surface, qui possède, ou tout au moins doit posséder, un brillant spéculaire, est attaquée par un réactif chimique approprié de façon à faire apparaître successivement ou simultanément les différents constituants de l'alliage.

On examinera enfin la surface ainsi créée par réflexion au microscope.

On obtient une vue type, qui, sans caractériser d'une façon absolue l'alliage, permet souvent de le classer.

Les opérations nécessaires pour arriver à un examen micrographique d'un alliage sont donc :

Le polissage ;

L'attaque ;

L'examen microscopique ;

Et enfin la photographie de la surface observée.

Nous passerons rapidement en revue ces différentes opérations.

On commence par créer à l'aide d'une scie ou d'une meule une surface plane sur l'objet à examiner. Puis on la polit d'abord avec des papiers d'émeri à grain de plus en plus fin; puis ensuite sur des meules à drap que l'on humecte d'alumine mise en suspension dans l'eau. Cette opération se fait très simplement au moyen d'un vaporisateur. Mais le point capital dans le polissage est la préparation de l'alumine ; il faut, en effet, que les grains de ce produit soient aussi uniformes que possible. Suivant la méthode indiquée par M. H. Le Chatelier, on calcine l'alun ammoniacal et l'on met l'alumine en suspension dans de l'eau.

On procède à la décantation à des intervalles déterminés. On rejette le dépôt fait au bout du premier quart d'heure. On prend ensuite les dépôts de 1 heure, 2 heures, 4 heures, 16 heures, et enfin ce qui se dépose au bout de trois jours. Pour les fers et aciers, la poudre obtenue après 4 heures est excellente; pour les bronzes, il faut utiliser le dernier dépôt.

Certains alliages très mous, notamment les antifrictions et quelques alliages d'aluminium, sont fort difficiles à polir. Pour obtenir une surface très nette, il suffit de les couler sur une plaque de verre ou mieux de mica.

Le polissage étant exécuté, il faut attaquer le morceau. A ce point de vue, il est impossible de donner une règle générale, toutefois on doit se souvenir que l'attaque a pour but de mettre en relief les différents constituants et par conséquent on doit chercher les réactifs les plus propres à les différencier les uns des autres.

Il faut, de plus, ajouter que ces réactifs doivent produire une attaque lente.

A ce point de vue, il est bon de rappeler le moyen indiqué par M. Le Chatelier lequel consiste à utiliser un liquide qui, en temps

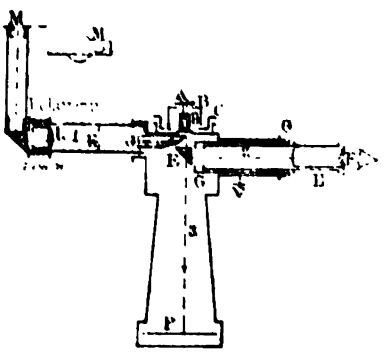
ordinaire, n'a aucune action sur le métal observé, mais qui produit une attaque lorsqu'on fait passer un courant. Étant maître de l'intensité de celui-ci et de la concentration du liquide employé, on peut produire telle attaque que l'on désire.

Le morceau poli, puis attaqué, est observé au microscope. — Les appareils employés en métallographie doivent permettre d'observer les objets par réflexion et non par transparence comme dans les microscopes ordinaires. Il faut donc que ces appareils soient munis d'un système d'éclairage spécial.

On peut utiliser, comme le font M. Osmond et M. Guillemin, des microscopes Nachet munis d'un éclaireur Guillemin-Nachet ; l'éclairage se fait au moyen d'un petit prisme à réflexion totale que l'on peut légèrement déplacer et d'une source de lumière placée devant son ouverture.

M. Le Chatelier a créé un appareil spécial et qui est consacré tout spécialement à la métallographie (*fig. 1*).

Fig. 1. - MICROSCOPE LE CHATELIER



M L K J ouverture de la surface A
D E H F

L'objectif D est renversé ; l'oculaire F est placé sur le côté et horizontalement. Un prisme à réflexion totale E renvoie l'image provenant de l'objet A dans l'oculaire. — L'objet A est placé surun support B, lequel repose sur une cuvette mobile C, qui permet, au moyen d'un pas de vis, la mise au point.

L'éclairage se fait par un tube coudé qui, au moyen d'un prisme à reflexion totale, permet de prendre la lumière où on le desire. — Un diaphragme M règle l'eclairage ; le faisceau lumineux concentré par la lentille L passe à travers un second diaphragme K et est renvoyé par un prisme à réflexion totale J sur l'objet A.

Enfin, il est souvent nécessaire de garder une trace durable de l'observation que l'on fait et par conséquent de photographier l'image donnée par le microscope.

Dans l'appareil Guillemin-Nachet, on place au-dessus de l'objectif une chambre noire.

Dans l'appareil de M. Le Chatelier, il suffit de déplacer en arrière

le prisme qui envoie l'image dans l'oculaire pour que l'image tombe verticalement. Un appareil d'agrandissement placé à distance convenale permet de recevoir l'image dans une chambre noire située au-dessous de l'appareil, suivant le prolongement de l'axe de l'objectif. Le prisme est à cet effet monté dans une douille que l'on tire en arrière.

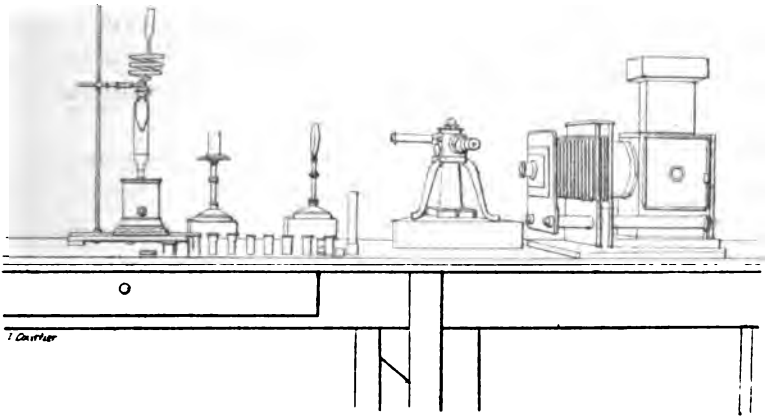
L'éclairage est également une difficulté pour la photographie. On peut évidemment obtenir des clichés avec l'éclairage électrique ou le bec Auer

Mais il est préférable, comme l'a indiqué M. Le Chatelier, d'utiliser l'arc à mercure, qu'il a spécialement étudié à cet effet.

La figure 2 donne l'ensemble de l'installation que nous avons utilisée. A gauche se trouve un appareil d'agrandissement.

Voici, trop sommairement résumée, la technique de la métal-

Fig. 2 - ENSEMBLE D'UNE INSTALLATION MICROGRAPHIQUE



lographie microscopique. Voyons maintenant comment nous appliquerons ces principes.

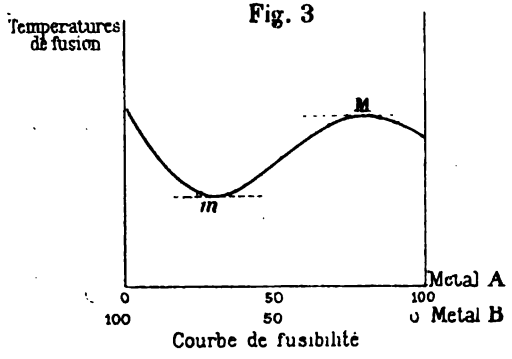
Si nous proposons d'étudier la constitution des alliages formés par deux métaux, nous devons commencer par faire toute la série des alliages. Ceci est long et l'on peut toujours craindre de laisser échapper quelque produit intéressant.

M. Le Chatelier a étudié les alliage cuivre-aluminium en superposant les deux métaux de façon qu'ils ne se mêlent qu'au voisinage de leur surface de contact. En pratiquant une coupe verticale du culot, on a la succession continue de tous les alliages depuis un métal pur jusqu'à l'autre.

Avant d'aller plus loin, il faut rappeler un point qui est utile

pour la suite de cet exposé. Supposons que nous étudions la courbe de la fusibilité de deux métaux. Prenons deux axes de coordonnées, sur *ox* nous portons le pour cent d'un des métaux *(fig. 3)*; sur *oy*, le point de fusion. On remarque qu'en général, en ajoutant un métal à un autre métal, on abaisse son point de fusion. On obtient souvent une courbe de la forme indiquée figure 3. Au maximum M correspond une combinaison; au minimum *m*, correspond un alliage que l'on nomme eutectique, parce que c'est de tous celui qui fond à la température la plus basse.

Fig. 3



Courbe de fusibilité

M. Charpy a montré que tout eutectique observé au microscope montre des lamelles alternantes des deux constituants qui le forment.

Nous arrivons maintenant à la partie de cet exposé qui doit attirer le plus l'attention, à l'application de la métallographie micrographique aux aciers et, plus particulièrement, aux aciers spéciaux.

Différentes formes allotropiques du fer.

Après les travaux de M. Osmond, on admet généralement que le fer peut exister sous trois états désignés par les lettres α, β et γ. Ces trois états sont caractérisés par des dégagements de chaleur au refroidissement, par la perte de magnétisme, par les variations de la résistance électrique qu'éprouve le fer à différentes températures.

Le fer α est magnétique et il ne dissout pas le carbone.

Le fer β est non magnétique et ne dissout pas le carbone.

Le fer γ est non magnétique et dissout le carbone.

De plus, d'après M. Osmond, lorsqu'on obtient, dans des circonstances que nous allons voir, le fer γ et lorsque ce fer γ a commencé à se tranformer, il est impossible d'empêcher cette transformation de se continuer, de telle sorte que le fer β n'a

pu être isolé sans le fer α et que partant un acier ne peut et ne doit être magnétique que s'il est formé de fer γ.

Un autre point très important est la combinaison que le fer peut donner avec le carbone. Le carbure de fer nommé *cémentite* a pour formule Fe^3C et a pu être obtenu par différents moyens. On a pu notamment l'isoler des aciers recuits, ce que l'on ne peut faire avec des aciers trempés.

Ce carbure a la propriété de se dissocier à environ 700 degrés. De telle sorte qu'au-dessus de cette température, le carbone est dilué dans la masse, tandis qu'au-dessous il est combiné. M. Osmond a appelé A_1 le point de dissociation de la cémentite, A_2 la température à laquelle le fer α se transforme en fer β (750 degrés dans le fer pur), A_3 la température à laquelle le fer β se transforme en fer γ (850 degrés dans le fer pur).

Empressons-nous d'ajouter que, d'après les travaux de Ball et de M. Curie, le fer pourrait exister sous un nouvel état au dessus de 1 300 degrés.

Différents constituants des aciers.

Avec M. Osmond, on admet :

La *ferrite* ou fer pur qui apparait en grains polygonaux dans les aciers doux sous l'influence de l'acide azotique, de l'acide picrique, etc. *(Pl. 55, fig. 2)*.

La *cémentite* ou carbure de fer Fe^3C, composé très dur qui n'est pas coloré par l'acide azotique ou l'acide picrique, mais est fortement coloré par le picrate de soude (1) *(Pl. 55, fig. 6 et 8)*.

La *perlite* qui est l'eutectique ferrite et cémentite. Elle est donc formée de lamelles alternantes de ferrite et de cémentite. Elle est colorée en noir par l'acide picrique, etc. *(Pl. 55, fig. 7)*. Les aciers recuits sont constitués de ferrite et de perlite, quand ils contiennent moins de 0,900 0/0 de carbone; de perlite et de cémentite, lorsqu'ils renferment plus de 0,900 0/0 de carbone *(Pl. 55, fig. 3 à 8)*.

La *martensite*, dédiée au professeur Martens, constituant formé d'aiguilles très fines dirigées suivant les trois côtés d'un triangle équilatéral. C'est le constituant qui caractérise une bonne trempe. Dans les aciers très carburés, elle se présente en aiguilles noires assez épaisses, même en fers de lance *(Pl. 55, fig. 9)*.

(1) Ivgewski, travail exécuté au laboratoire de M. Le Chatelier.

La *troostite*, dédiée à M. le professeur Troost, composé qui se présente en rognons très faciles à colorer par l'acide picrique ; on l'obtient lorsqu'on trempe l'acier à une température un peu trop basse, ou dans un bain moins actif que l'eau froide (l'huile, par exemple) (*Pl. 55, fig. 10*).

L'*austenite*, dédiée au regretté Roberst-Austen, qui ne se produit que lorsqu'on exagère toutes les conditions qui augmentent la dureté de la trempe. Il faut avoir un acier assez carburé (au moins 1,1 0/0 de carbone), le chauffer à 1 000 degrés et le tremper dans un bain qui soit à une température inférieure à 0. En trempant un acier au carbone on n'obtient jamais d'austénite pure, mais bien un mélange austénite et martensite (*Pl. 55, fig. 11*).

Enfin la *sorbite*, qui se produit surtout dans le revenu de l'acier, et qui n'est en somme que de la perlite dont on ne distingue pas les éléments au microscope. On en aperçoit dans la photographie (*Pl. 55, fig. 7*).

Étant donnés les principes que nous venons d'exposer, quelles sont les conclusions pratiques que l'on peut tirer d'un examen micrographique sur aciers au carbone? On peut d'abord dire de suite le traitement qu'a subi l'acier, on peut savoir s'il est recuit ou trempé. On peut connaître approximativement la dose de carbone qu'il contient, par la quantité de perlite qu'il renferme. On peut voir si l'acier a subi un recuit à trop haute température, alors les grains de ferrite possèdent des dimensions exagérées. D'autres conclusions sont possibles, c'est ainsi que dans un acier laminé à trop basse température, on observe généralement une mauvaise répartition de la perlite; on peut même, avec de l'habitude, savoir à quelle température l'acier a été trempé, recuit, etc.

Il faut ajouter que la métallographie microscopique sert déjà de guide dans la fabrication des rails, ainsi que l'a indiqué M. Albert Sauveur.

Mais si la métallographie est déjà un précieux auxiliaire dans la fabrication et l'utilisation des aciers au carbone, elle est particulièrement utile lorsqu'on se trouve en présence des aciers spéciaux.

Nous allons résumer ici les recherches que nous poursuivons personnellement depuis quelque temps sur ce sujet et qui nous ont conduit à des résultats extrêmement nets et précis. Nous parlerons donc, pour terminer cet exposé, de la métallographie

des aciers spéciaux, et nous nous attacherons surtout à montrer la coïncidence absolue, parfaite entre les essais mécaniques et la métallographie.

Aciers au nickel.

Nos recherches ont porté sur trois séries d'aciers extrêmement purs. La première série est formée par des aciers à 0,120 de carbone; la deuxième par des aciers à 0,250; la troisième par des aciers à 0,800 de carbone. Dans chaque série, le nickel augmente de 0 à 30 0/0. Voyons d'abord comment varie la microstructure. Nous examinerons ensuite les variations des propriétés mécaniques.

Acier a 0,120 de carbone.

Les aciers à 2,5 et 7 0/0 de nickel ont même structure que les aciers au carbone ordinaire. Mais la perlite est plus déliée que dans les aciers ordinaires à même teneur de carbone; elle semble même croître avec la teneur en nickel.

Dans l'acier à 10 0/0, nous notons un changement de structure; on voit apparaître la structure martensitique, caractérisée par trois directions. Mais il y a toujours des plages blanches qui sont formées de fer α.

Dans l'acier à 12 0/0, les plages blanches n'existent presque plus, la martensite est sensiblement pure; il en est de même pour l'acier à 15 et 20 0/0 *(Pl. 55, fig. 12)*.

L'acier à 25 0/0 contient des plages blanches très importantes. C'est assurément le fer qui apparaît.

Puis à 27 0/0, la structure devient polyédrique *(Pl. 55, fig. 13)*.

Avec les aciers contenant plus de 27 0/0 de nickel, on obtient toujours cette structure polyédrique. Mais au fur et à mesure que la dose de nickel augmente, on obtient des cristaux en quelque sorte plus déliés. Tandis qu'avec les aciers contenant de 27 à 30 0/0 de nickel, les grains se colorent aisément; à partir de 35 0/0 ils ne se colorent plus. Le temps d'attaque nécessaire augmente très rapidement avec la teneur en nickel. Pour les très hautes teneurs, il faut plusieurs heures.

De plus à l'intérieur des polyèdres, on remarque de très nombreuses stries qui semblent indiquer des plans de clivage.

En résumé, pour cette première série, on trouve les trois groupes suivants :

1er groupe de 0 à 10 0/0 nickel. Aciers semblables aux aciers au carbone;

2e groupe de 12 à 27 0/0 nickel. Aciers à structure martensitique;

3e groupe, plus de 27 0/0 nickel. Aciers à structure polyédrique.

De plus le deuxième groupe doit subir les subdivisions suivantes :

De 10 à 12 0/0 nickel : aciers formés de fer α et de martensite;

De 12 à 20 0/0 nickel : aciers formés de martensite sensiblement pure;

De 20 à 27 0/0 nickel : aciers formés de martensite et de fer γ.

Acier a 0,250 de carbone.

De 0 à 7 0/0 de nickel, la structure est la même que pour les aciers au carbone; les remarques que nous avons déjà faites au sujet de la perlite, paraissent se confirmer ici.

A 7 0/0 on semble apercevoir un peu de martensite.

A 10 0/0 elle est en quantité notable.

A 12 et 15 0/0 elle est en telle quantité et tellement fine qu'il nous a été impossible d'en faire un cliché qui puisse donner idée de la microstructure.

A 20 0/0 il y a de larges plages blanches.

A 25 0/0 on ne voit plus que des polyèdres, plus quelques cristaux en fer de lance.

Au delà de la teneur de 25 0/0, on a toujours la même constitution polyédrique.

Ici on a donc encore trois groupes :

1er groupe de 0 à 7 0/0 nickel : aciers semblables aux aciers à carbone;

2e groupe de 7 à 25 0/0 nickel : aciers à structure martensitique;

3e groupe de plus de 25 0/0 nickel : aciers à structure polyédrique.

Comme dans la première série, le deuxième groupe se subdivise :

De 7 à 10 0/0; aciers formés de fer α et de martensite.

De 10 à 15 0/0; aciers formés de martensite pure.

De 15 à 20 0/0; aciers formés de martensite et de fer γ.

Acier a 0,800 de carbone.

De 0 à 5 0/0 de nickel, on note la même structure que pour les aciers au carbone.

A 5 0/0 il semble y avoir un commencement de transformation.

A 7 0/0 on obtient de la martensite *(Pl. 55, fig. 14)*.

A 10 0/0 il y a de la martensite et du fer γ.

A 12 0/0 les plages blanches augmentent. On a la même image que celle obtenue en trempant à 1050 dans un mélange réfrigérant à — 10 degrés de l'acier à 1,40 de carbone.

A 15 0/0, il y a transformation de la structure, on ne voit plus que des polyèdres. Parfois, au milieu de ces polyèdres on trouve des fers de lance.

Au delà de 15 0/0 de nickel, la structure est toujours polyédrique *(Pl. 55, fig. 15)*. Les polyèdres montrent parfois des plans de clivage extrêmement accentués.

Le tableau suivant résume les caractéristiques micrographiques des aciers au nickel suivant leur teneur en carbone ; ils rentrent toujours dans les classes suivantes :

CLASSES	CARACTÉRISTIQUES micrographiques	ACIERS A 0,120 C.	ACIERS A 0,250 C.	ACIERS A 0,800 C.
1re classe. .	Perlite.	de 0 à 10 0/0 Ni.	de 0 à 7 0/0 Ni.	de 0 à 5 0/0 Ni.
2e classe. .	Martensite pure.	de 10 à 27 0/0 Ni.	de 7 à 25 0/0 Ni.	de 5 à 15 0/0 Ni.
3e classe. .	Fer γ.	teneur $>$ 27 0/0.	teneur $>$ 25 0/0.	teneur $>$ 15 0/0.

La deuxième classe doit être subdivisée ainsi qu'il a été indiqué.

En résumé, les résultats obtenus, en observant la microstructure des aciers au nickel bruts de forge, sont les suivants :

1° Tous ces aciers peuvent être divisés en trois classes, ainsi que le montre le tableau précédent ;

2° Plus la somme carbone + nickel est grande, plus la teneur en nickel à laquelle la microstructure change, est faible ;

3° Dans chaque série, le premier acier à structure polyédrique est non magnétique.

En somme, l'étude micrographique des aciers bruts de forge donne la vérification de l'importante loi établie par M. Osmond et donnant l'équivalence du carbone de trempe, du nickel, du manganèse.

Propriétés mécaniques des aciers au nickel.

Examinons maintenant les propriétés mécaniques de ces aciers.

A cet effet, étudions les résultats d'essais à la traction, à la fragilité et à la dureté.

Les essais à la fragilité ont été pratiqués par barrettes entaillées suivant la méthode de M. Frémont. Les essais à la dureté ont été faits par la méthode de M. Brinell, qui consiste à faire agir une bille d'acier extra dur sur le morceau à essayer, cela sous une pression connue. La bille fait une empreinte de surface a. On a agi sous une pression p, évaluée en kilos. Le chiffre de dureté Δ est donné par la relation :

$$\Delta = \frac{p}{a}.$$

Si l'on examine les résultats produits dans les graphiques ci-joints *(fig. 4, 5 et 6)*, on voit que :

Les essais à la traction montrent que tout d'abord la charge de rupture et la limite d'élasticité vont en augmentant petit à petit tandis que les allongements et les strictions décroissent peu à peu. Puis subitement la charge de rupture et la limite d'élasticité atteignent des valeurs extrêmement élevées que l'on rencontre à peine dans les aciers au carbone trempés ; par contre, les allongements et les strictions sont extrêmement faibles et même nuls. Ces différentes caractéristiques se maintiennent entre certaines teneurs en nickel; puis, subitement encore, cette teneur allant en augmentant, les allongements et les strictions reprennent une valeur élevée, alors que la limite d'élasticité et la charge de rupture s'abaissent considérablement.

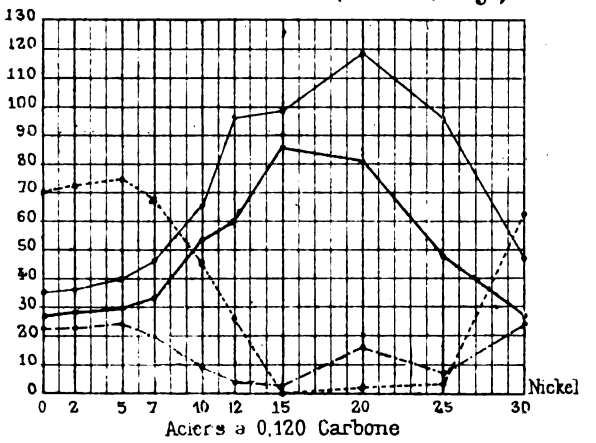
Ici encore trois groupes s'imposent.

Le premier, dans lequel les valeurs de la résistance à la rupture, etc., sont voisines de celles des aciers au carbone, bien qu'un peu supérieures.

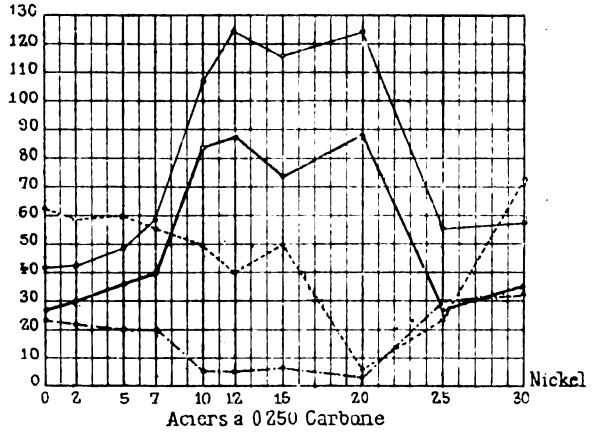
Le deuxième, pour lequel les caractéristiques trouvées sont sensiblement les mêmes que pour les aciers ordinaires trempés avec une amplification plus ou moins grande.

Le troisième, qui correspond à des propriétés toutes nouvelles rapprochant ces aciers de certains métaux, tels que le cuivre, le nickel, etc.

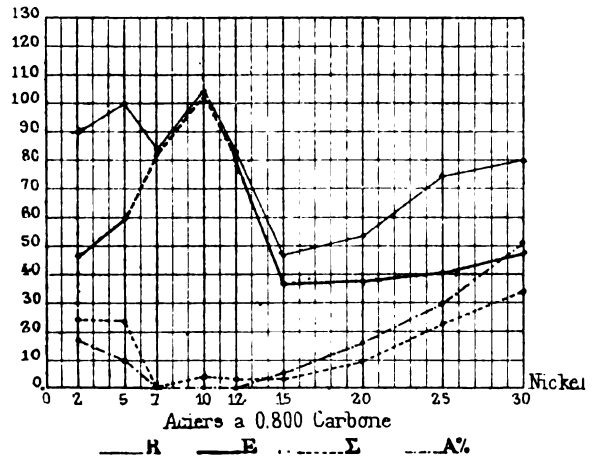
Fig. 4, 5 et 6. — ESSAIS A LA TRACTION
SUR DES ACIERS AU NICKEL (bruts de forge)



Aciers a 0,120 Carbone



Aciers a 0,250 Carbone



Aciers a 0,800 Carbone

—— R —— E ..... Σ ---- A%

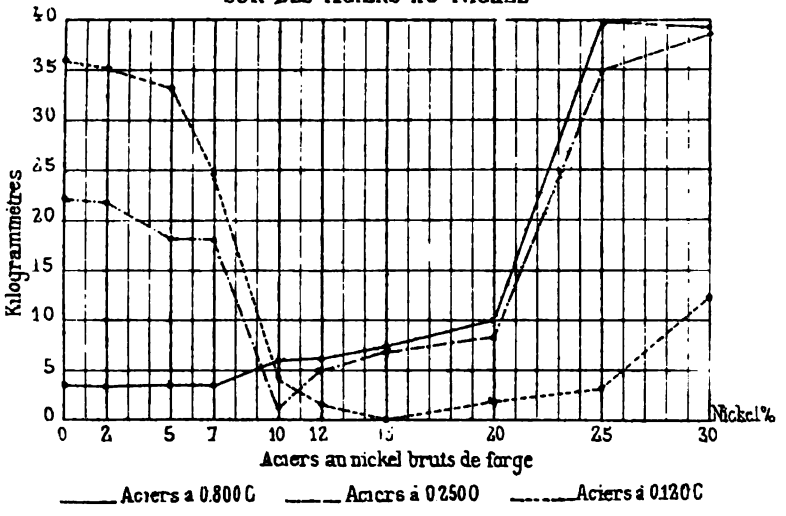
En faisant varier la teneur en carbone dans diverses séries, on retombe toujours exactement sur la classification précédente.

Enfin, pour l'étude de la dureté et de la fragilité *(fig. 7)* de ces mêmes aciers, on retrouve encore les trois groupes déjà indiqués, la dureté et la fragilité atteignant leur maximum pour les aciers à martensite pure.

Nous nous permettrons d'ajouter encore quelques remarques.

Le maximum de dureté dépend de la somme C + Ni; il est

Fig. 7 — ESSAIS AU CHOC (Méthode Frémont)
SUR DES ACIERS AU NICKEL



atteint pour une dose de nickel d'autant plus faible qu'il y a plus de carbone.

Mais le point certainement le plus intéressant à signaler est le suivant : les aciers austenitiques ne sont pas fragiles, même lorsqu'ils contiennent de grandes quantités de carbone.

C'est ainsi que les aciers à 25 et 30 0/0 de nickel et contenant 0,800 de carbone donnent de 35 à 40 *kgm* à l'appareil de M. Fremont.

Pour montrer tout le parti que l'on peut tirer des recherches micrographiques, nous avons établi un diagramme qui permet, étant donnée l'analyse d'un acier au nickel, d'en connaître les qualités.

Soit, deux axes rectangulaires, l'un sur lequel sont portées les teneurs en carbone, l'autre sur lequel seront placées les teneurs

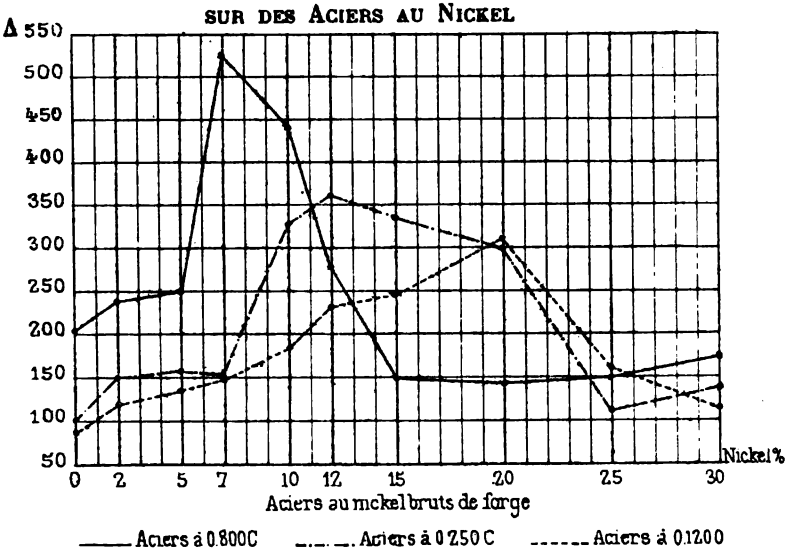
en nickel, et supposons des aciers formés de fer, de carbone, de nickel.

Cherchons pour les différentes teneurs en carbone quels sont les premiers aciers qui présentent la structure martensitique et et la structure polyédrique.

Nous entendons par acier à structure martensitique l'acier qui ne montre plus que de la martensite pure (il est, en effet, très difficile d'évaluer le moment où il commence à y avoir de la martensite).

Nous avons vu que pour la série à environ 0,120 de carbone,

Fig. 8. — ESSAIS A LA DURETÉ (Méthode Brinnel)



le premier acier à structure martensitique était l'acier à 12 0/0 de nickel et 0,125 de carbone; il donne le point A; pour la série à 0,800 de carbone environ, le premier acier à structure martensitique était l'acier à 7 0/0 de nickel et 0,800 de carbone; il est marqué en B.

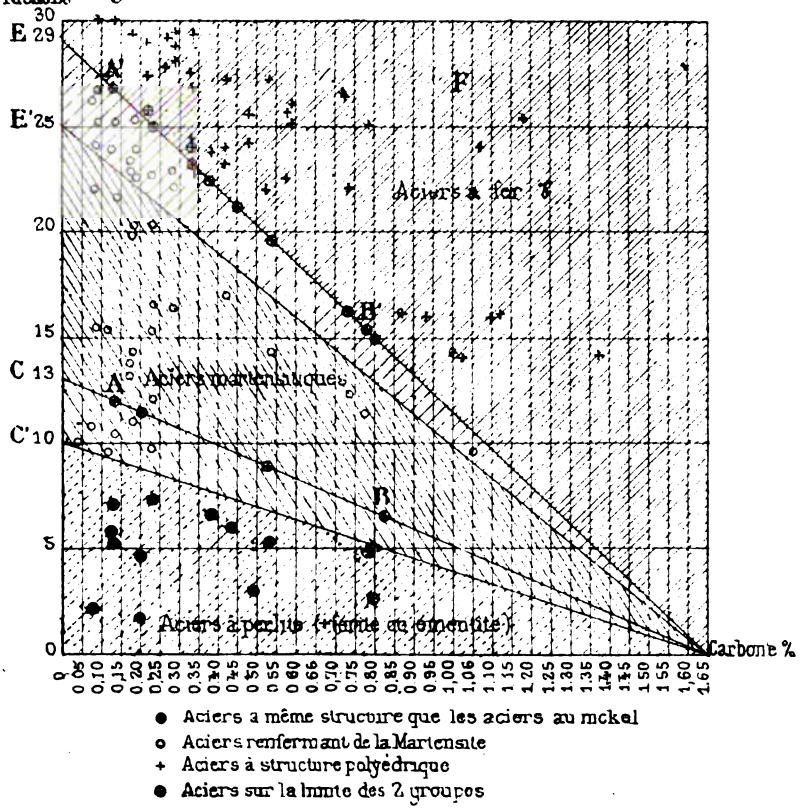
Si nous traçons la droite A B *(fig. 9)*, nous obtenons le lieu des points désignant les premiers aciers martensitiques de chaque série. Ceci a été vérifié pour un grand nombre d'aciers, comme nous l'expliquerons plus loin.

D'autre part, le premier acier polyédrique de la série contenant environ 0,120 de carbone est un acier qui renferme 27 0/0 de nickel et 0,125 de carbone. Dans la série à environ 0,800 de car-

bone le premier acier à structure polyédrique contient 15 0/0 de nickel et 0,796 de carbone.

Nous obtenons aussi les points A' B' ; la droite A' B' est le lieu des points donnant les premiers aciers polyédriques et par conséquent les premiers aciers non magnétiques de chaque série.

Fig. 9. — DIAGRAMME DES ACIERS AU NICKEL



Si nous prolongeons ces deux droites AB et A'B', nous voyons que :

1° Elles viennent toutes les deux rencontrer l'axe des X au point 1,650.

Ceci est extrêmement important : en effet, M. Osmond a montré que dans les aciers au carbone, il était impossible d'obtenir de l'austénite excepté si l'on trempe l'acier. Encore faut-il tremper dans des conditions déterminées et n'obtient-on jamais d'austénite pure. M. Osmond a montré justement que le pourcentage

de carbone qui permettait d'obtenir le maximum d'austénite était 1,650 ;

2° AB rencontre *oy* au point 13, tandis que A'B' rencontre le même axe au point 30.

Il s'agissait de vérifier que les deux droites indiquées donnaient bien les points correspondants aux premiers aciers martensitiques ou polyédriques de chaque série.

Pour le faire, nous avons employé deux méthodes :

1° Nous avons observé un grand nombre d'aciers qu'ont bien voulu mettre à notre disposition les grandes Forges, notamment la Société Commentry-Fourchambault, qui nous a fourni plus de cent échantillons ;

2° D'autre part, nous avons procédé comme il suit : nous avons pris des aciers aussi pauvres que possible en carbone et dont la teneur en nickel variait de 0 à 25 0/0 et nous les avons cémentés de façon que la couche superficielle présentât soit l'aspect martensitique, soit l'aspect polyédrique sous la plus faible épaisseur possible.

Au tour, nous enlevions la couche superficielle sous une épaisseur de 1/4 de millimètre et l'on y faisait le dosage du carbone. Ces dernières expériences sont évidemment très longues étant donnés les tâtonnements qui sont nécessaires pour arriver juste à la structure désirée. Aussi n'en avons-nous pratiqué que quelques-unes.

Ces deux séries d'expériences nous ont donné des résultats d'une concordance remarquable. Tous les points marqués sur la figure représentent les aciers que nous avons observés. On voit combien ces expériences coïncident avec la théorie.

Les aciers particulièrement intéressants à étudier étaient les aciers qui se trouvent sur l'une des limites.

Leur reconnaissance est assez facile ; pour ceux qui ne sont formés que de martensite, on ne voit aucune plage blanche non orientée (j'insiste sur ce point) ; il est bien évident d'ailleurs qu'il en est de même pour tous les aciers à martensite pure ; mais pour un acier limite, si on le décarbure tant soit peu (un recuit d'une heure à 900 degrés en présence d'oxyde de fer est à peine nécessaire), on voit apparaître sur les bords des taches blanches de fer qui ne présentent aucune orientation.

Pour les aciers qui se trouvent sur la limite entre les aciers martensitiques et les aciers polyédriques, l'indication donnée par la microstructure est beaucoup plus certaine. En effet on

voit presque toujours des polyèdres très nets et sur les bords de ceux-ci quelques fers de lance très noirs.

D'ailleurs, si l'on a des doutes, quelques coups de marteau sur l'acier ou une trempe ou mieux encore un refroidissement à — 10 degrés suffira pour faire apparaître de nouveaux fers de lance blancs ou noirs. C'est ainsi que les différents aciers marqués d'une croix entourée d'un cercle ont été trouvés sur la limite des différents groupes.

Enfin, nous avons voulu vérifier les points qui se trouvent sur l'axe des Y ; pour cela, il nous fallait obtenir des aciers sans traces de carbone ; à cet effet, nous nous sommes adressé à l'aluminothermie, qui nous avait permis l'an dernier de faire une longue étude sur les alliages d'aluminium. A cet effet, nous avons réduit différents mélanges d'oxydes de fer et de nickel par l'aluminium en prenant toutes les précautions que nous avons indiquées pour nos premières recherches dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement*. Après de nombreux tâtonnements, nous sommes arrivés à abaisser la teneur en aluminium contenu dans l'alliage à 2 0/0 environ. Dans certains il nous a été possible de ne pas avoir trace de ce métal.

Nous avons ainsi préparé une série de produits dans lesquels on voit nettement la structure des alliages fer-nickel.

En rapportant les proportions trouvées à l'analyse à un alliage formé seulement de fer et de nickel, nous sommes arrivés à conclure que :

A 26,25 de nickel, on a de la martensite très nette + du fer γ.

A 28,40, des polyèdres nettement formés ; mais au centre de la martensite très fine.

Dès les environs de 30 0/0 de nickel, il n'y a plus que des polyèdres très nets.

Ce diagramme divise donc le plan en trois espaces.

Le triangle CDO correspondant aux aciers ayant sensiblement les mêmes propriétés que les aciers au carbone ordinaire ; mais avec une résistance et une limite élastique un peu supérieures, et surtout avec une homogénéité bien plus grande.

Le triangle CDE correspondant aux aciers à structure martensitique, ayant des propriétés analogues aux aciers contenant des quantités importantes de carbone et trempés, ces aciers sont extrêmement durs, sont difficiles à travailler et sont fragiles. Ils sont généralement adoucis par la trempe.

L'espace EDF qui correspond à des aciers qui ont des propriétés

nouvelles, qui sont à basse limite élastique, qui ne possèdent aucune fragilité, qui se travaillent avec facilité, etc.

Mais il y a en plus des zones de passage qui ont leur importance. C'est ainsi que dans le triangle C'D'C' déterminé par la droite qui joint le point D au point 10 de nickel, on a des aciers qui sont formés de perlite et de martensite. Ces aciers ont une partie des propriétés des aciers de l'espace CDE.

De même, dans le triangle EDE on a des aciers qui sont formés de martensite et de fer γ et qui ont par conséquent une partie des propriétés des aciers situés dans la zone EDF.

En résumé, nous avons pour les aciers au nickel un diagramme extrêmement simple qui n'est en quelque sorte que la traduction des expériences que nous avons faites. Ce diagramme divise le plan en trois parties auxquelles correspondent des aciers ayant des propriétés particulières.

Mais il faut tenir compte des deux zones secondaires que nous avons indiquées et qui constituent en quelque sorte les termes de passage d'une catégorie d'aciers à la voisine.

Aciers au Manganèse.

Les observations que nous avons faites sur les aciers au manganèse ont porté sur deux séries : la première à 0,200 0/0 de carbone, la seconde à 0,800 0/0 de carbone environ.

Aciers a 0,200 0/0 de carbone.

Les aciers contenant de 0 à 4,200 de manganèse ont même constitution que les aciers au carbone.

Les aciers contenant de 5, 650 de manganèse à 12,7 sont formé de martensite *(Pl. 55, fig. 16)*. Il y a évidemment pour ces aciers des zones de transition. C'est ainsi que l'acier contenant 0,173 de carbone et 10,5 de manganèse est formé de fer γ + martensite. Il y a même dans l'échantillon dont nous disposons ce fait assez bizarre et probablement accidentel que la martensite et le fer γ forment des zones parallèles n'empiètant pas l'une sur l'autre.

L'acier qui contient 0,137 de carbone et 12,77 de manganèse est le premier acier polyédrique de la série.

Au delà de 12,77 0/0 de manganèse, les aciers sont polyédriques du moins jusqu'aux teneurs que nous avons étudiées, c'est-à-dire 35,5 0/0 environ *(Pl. 55, fig. 37)*. Ces polyèdres

présentent comme ceux d'aciers au nickel de nombreux plans de clivage ; mais tandis que dans ceux-ci ces plans apparaissent toujours par attaque, il nous a été impossible de trouver un moyen certain de les faire naître dans les aciers au manganèse.

De plus ces polyèdres sont beaucoup moins développés que dans les aciers au nickel ; à l'acide picrique, l'acide azotique, etc., les bords apparaissent moins nettement que pour ces aciers et cela à un point tel, que, lorsqu'on regarde ces aciers à un grossissement de 200 diamètres environ, on les prendrait de par les plans de clivage pour des aciers martensitiques alors que vus à un grossissement de 400 diamètres environ, ils montrent nettement les lignes de démarcations des polyèdres.

Tout au début de cette étude, nous avons commis cette erreur sur l'acier de la première série contenant 20,8 0/0 de manganèse.

En résumé, les aciers au manganèse de la première série doivent être divisés en trois classes au point de vue micrographique.

1re Classe : Aciers ayant même constitution que les aciers au carbone contenant de 0 à 5 0/0 environ de manganèse.

2e Classe : Aciers à structure martensitique contenant de 5 à 12 0/0 de manganèse.

3e Classe : Aciers à structure polyédrique contenant plus de 12 0/0 de manganèse.

Ces aciers de la 2e classe doivent subir une subdivision suivant qu'ils seront formés de fer α et de martensite, de martensite pure ou de fer γ et de martensite.

Nous n'avons pas remarqué que la perlite des aciers au manganèse à faible teneur en carbone, présentât un caractère spécial.

2e Série.

Les aciers contenant de 0 à 3 0/0 de manganèse ont même constitution que les aciers au carbone ; ils présentent de la perlite et de la ferrite ou de la perlite et de la cémentite. Mais la perlite présente des caractères spéciaux que l'on ne rencontre pas dans les aciers au carbone. Elle est plus compacte et elle se colore beaucoup plus facilement que la perlite ordinaire. Elle se rapproche de la sorbite.

Lorsqu'on examine l'acier contenant 5,1 de manganèse, on

rencontre une microstructure que nous n'avions jamais obtenue *(Pl. 55, fig. 18)*.

Ce sont des rognons très développés qui envahissent toute la préparation et que l'on fait apparaître en noir foncé sous les attaques les plus faibles.

A la suite de cette observation j'ai examiné des aciers contenant entre 3 et 5 0/0 de manganèse et environ 0,800 de carbone; dans tous nous avons rencontré le constituant spécial que nous venons de décrire.

On peut donc conclure de suite que dans les aciers au manganèse très carburés il n'existe pas de martensite; mais que celle-ci est remplacée par un produit très facile à colorer par les acides azotique et picrique.

Ce constituant, de par ses formes, sa coloration si rapide et même les propriétés de trempe douce qu'il communique aux aciers, rappelle en tous points la troostite de M. Osmond.

Un fait analogue rencontré dans les aciers au chrome nous a prouvé que nous devions nous arrêter à cette hypothèse.

A partir de 7 0/0, tous les aciers sont polyédriques *(Pl. 55, fig. 19)*.

En résumé, la classification qui doit être admise pour ces aciers est donc la suivante :

1re classe : Aciers formés de perlite, renfermant de 0 à 3 0/0 de manganèse.

2e classe : Aciers renfermant de la troostite, contenant de 3 à 7 0/0 de manganèse.

3e classe : Aciers formés de fer γ, renfermant plus de 7 0/0 de manganèse.

Le tableau suivant résume les caractéristiques micrographiques des aciers au manganèse :

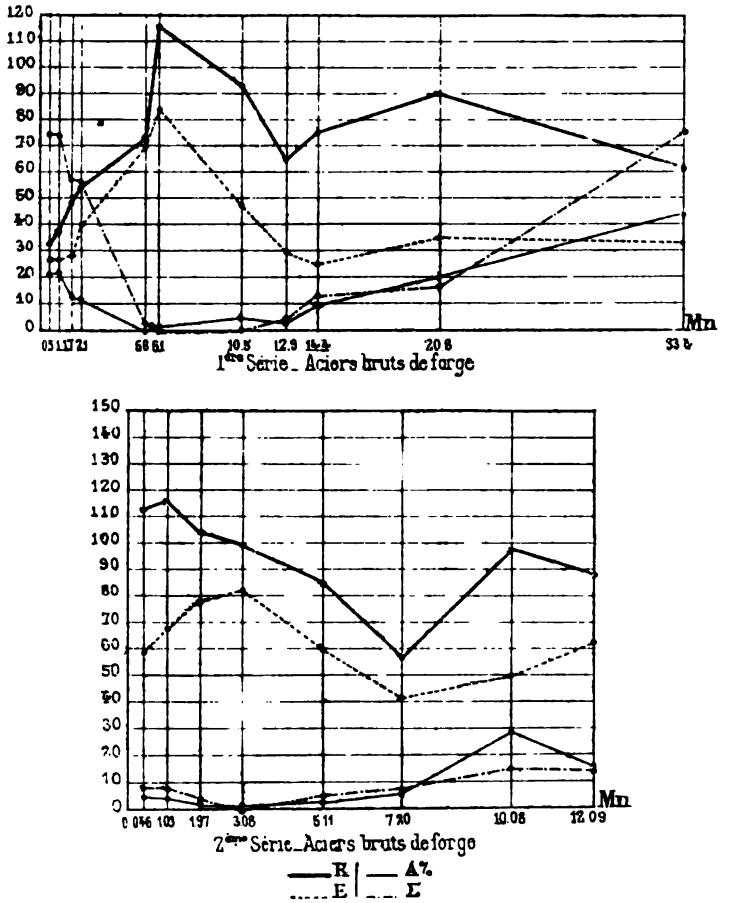
CLASSES	CARACTÉRISTIQUES MICROGRAPHIQUES	ACIERS A 0,200 C	ACIERS A 0,800 C
1re classe. .	Perlite	de 0 à 5 % Mn	de 0 à 3 % Mn
2e classe. .	Martensite ou Troostite	de 5 à 12 % Mn	de 3 à 7 % Mn
3e classe. .	Fer γ	Mn > 12 %	Mn > 7 %

PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES DES ACIERS AU MANGANÈSE.

Les courbes ci-jointes reproduisent les résultats des essais mécaniques que j'ai pratiqués sur les aciers au manganèse dans les mêmes conditions que pour les aciers au nickel.

Ces courbes montrent nettement que la subdivision donnée par ces essais est identique à celle fournie par la micrographie.

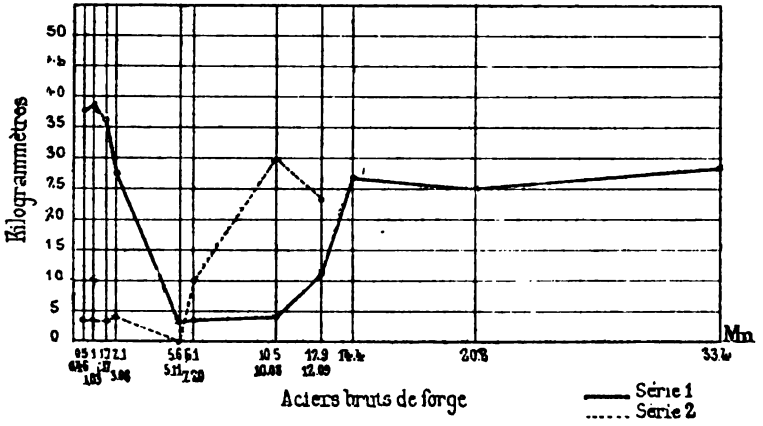
Fig. 10 et 11. — ESSAIS A LA TRACTION SUR DES ACIERS AU MANGANÈSE



Pour les aciers à environ 0,200 0/0 de carbone *(fig. 10 et 11)*, ceux de la 1re classe (de 1 à 5 0/0 de manganèse) présentent une charge de rupture et une limite élastique qui croissent lentement avec la dose de manganèse, tandis que la striction et les allonge-

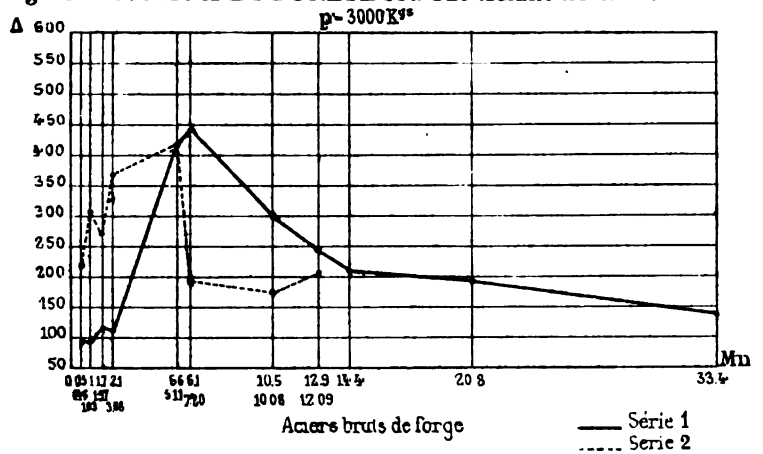
ments diminuent peu; ces aciers présentent une très grande résistance au choc; ce point est extrêmement important et pour le bien démontrer nous avons cassé plus de cent éprouvettes Frémont *(fig. 12)*; les résultats obtenus sont, en effet, en contradiction

Fig. 12. - ESSAIS AU CHOC SUR DES ACIERS AU MANGANÈSE



absolue avec l'opinion très répandue parmi les métallurgistes et soutenue tout particulièrement par M. Hadfield, à savoir que le manganèse donne de la fragilité aux aciers. Nous croyons avoir nettement démontré, au contraire, que le manganèse ne donne

Fig. 13. - ESSAIS A LA DURETÉ SUR DES ACIERS AU MANGANÈSE



de la fragilité que lorsqu'il est en quantité suffisante ou mieux lorsque la somme carbone + manganèse est assez élevée pour amener la production de martensite *(fig. 13)*. Tant que la struc-

ture est perlitique, l'acier loin d'être fragile est extrêmement homogène et présente une résistance au choc que l'on ne rencontre qu'exceptionnellement dans les aciers au carbone. Ces aciers possèdent une faible dureté.

Ceux de la seconde classe (de 5 à 12 0/0 de manganèse) possèdent des charges de rupture et des limites élastiques très élevées, des allongements et des strictions très faibles; ils sont extrêmement fragiles et durs.

Les aciers de la 3e classe, qui ont été définis dès 1888 par M. Hadfield, sont caractérisés par des propriétés qui les rapprochent beaucoup des aciers à haute teneur en nickel. Ils ont de grands allongements et de faibles limites élastiques. Il est à noter que les allongements se produisent dans toute la longueur de l'éprouvette.

Examinons maintenant les propriétés mécaniques des aciers de la 2e série, qui renferment environ 0,800 0/0 de carbone.

On voit, tout d'abord, que la charge de rupture et la limite élastique vont en croissant, à mesure que le pourcentage de manganèse augmente; puis la limite élastique décroît, tandis que les allongements et la striction acquièrent des valeurs plus élevées.

On ne voit pas nettement ici la séparation entre la première et la seconde classe; mais le passage aux aciers à fer y est nettement indiqué.

Les aciers de la 1re et de la 2e classe sont fragiles; les aciers de la 3e classe sont, au contraire, résistants au choc.

La dureté donne des renseignements précieux : tandis que les aciers renfermant jusqu'à 7 0/0 de manganèse sont d'une dureté élevée, ceux renfermant plus de 7 0/0 de ce métal donnent un chiffre de Brinnel assez faible.

Aciers au chrome.

Comme pour les aciers au manganèse, nos observations ont porté sur deux séries : l'une formée par des aciers renfermant environ 0,200 0/0 de carbone; l'autre constituée par des produits contenant à peu près 0,800 0/0 de carbone.

1re Série : Aciers a 0,200 0/0 de carbone.

Les aciers renfermant de 0 à 7 0/0 de chrome ont même constitution que les aciers au carbone ordinaire. Toutefois on

note un fait particulièrement intéressant et déjà signalé par M. Osmond, que les grains de ferrite deviennent de plus en plus petits au fur et à mesure que la quantité de chrome renfermée dans l'acier augmente *(Pl. 55, fig. 20 et 21)*. Ceci montre que le chrome gène la cristallisation du fer. Ce point avait d'ailleurs été noté par M. Brustlein.

A partir de 7 0/0 les aciers sont martensitiques *(Pl. 55, fig. 22)*. Il en est ainsi jusqu'à 14,5 0/0 de chrome.

A ce pourcentage on voit apparaître des polyèdres assez mal définis qui sont bordés de grains blancs très petits. Les polyèdres attaqués non pas à l'acide picrique mais au bisulfate laissent voir une martensite très fine; quant aux grains brillants qui les entourent ils sont formés par un carbure double de fer et de chrome.

Lorsqu'on augmente la quantité de chrome contenue dans l'acier, on remarque des points blancs de plus en plus nombreux qui entourent toujours des polyèdres dans lesquels il n'est plus possible de faire apparaître de la martensite. A 22 0/0 ces points brillants entourent toujours des polyèdres assez nets. A 25 0/0 ils forment autour des polyèdres des amas blancs, et ils commencent *(Pl. 55, fig. 23)* à se répandre dans l'intérieur des polyèdres.

Certains affectent des formes très régulières. A partir de ce moment l'image que l'on obtient est comparable à un beau ciel étoilé, ainsi que l'a fait remarquer M. Osmond. Dans quelques micrographies on ne voit pas nettement les bords des polyèdres.

Il est, d'ailleurs, nécessaire de faire remarquer que la disposition présentée par les grains blancs doit dépendre de la préparation de l'échantillon, et notamment de la température de laminage de l'acier.

Certaines micrographies que nous avons examinées ultérieurement le prouvent nettement.

Dans cette 1re série nous voyons la subdivision suivante :

Aciers contenant de 0 à 7 0/0 de chrome. Aciers ayant même structure que les aciers au carbone.

Aciers contenant de 7 à 15 0/0 de chrome. Aciers martensitiques.

Aciers contenant plus de 15 0/0 de chrome. Aciers renfermant un constituant spécial aux aciers au chrome.

2e Série : Aciers contenant environ 0,800 de carbone.

Les aciers renfermant de 0 à 5 0/0 de chrome ont même structure que les aciers au carbone ordinaire, mais la perlite se rapproche de celle des aciers au manganèse, c'est dire qu'elle est plus compacte que dans les aciers au carbone.

L'acier renfermant 7 0/0 de chrome présente le même aspect que l'acier au manganèse *(Pl. 55, fig. 24)*. C'est dire qu'il montre des rognons très faciles à colorer par l'acide picrique ou l'acide azotique. Ils se rapprochent énormément de la troostite.

Si l'on attaque l'acier à 9 0/0 de chrome par l'acide picrique, on obtient simplement un réseau coloré en noir foncé, dès le commencement de l'attaque ; ce réseau présente toutes les caractéristiques du constituant déjà étudié. En laissant l'acide picrique réagir longtemps, on aperçoit vaguement un peu de martensite dans les espaces polyédriques. Mais, si on fait agir le bisulfate, on voit apparaître de nombreux fers de lance colorés en noir foncé ; c'est de la hardenite.

Cette martensite possède certainement des caractère spéciaux puisqu'elle apparaît à peine sous l'action de l'acide picrique au contraire de la martensite des aciers au carbone.

L'acier contenant 14,5 de chrome donne des résultats qui sont en tous points analogues, mais la martensite qui apparaît dans les cellules est bien plus clairsemée.

Lorsque la teneur en chrome atteint 18,6 0/0, on ne voit plus que ce constituant très noir bordant les cellules et l'on aperçoit les grains blancs qui apparaissent.

Le pourcentage du chrome allant en augmentant, les points blancs augmentent de plus en plus pour former, dans l'acier à 42 0/0 de chrome, de véritables plages blanches, dans lesquelles on distingue cependant très nettement les contours des petits grains *(Pl. 55, fig. 25)*.

Pour les aciers de la 2me série, nous trouvons la subdivision suivante :

De 0 a 5 0/0 de chrome. Aciers à même structure que les aciers au carbone.

De 5 à 10 0/0 de chrome. Aciers à structure martensique et renfermant des rognons de troostite.

De 10 à 15 0/0 de chrome. Aciers présentant ces rognons et

des polyèdres au milieu desquels on peut faire apparaître de la martensite.

De plus de 15 0/0 de chrome. Aciers renfermant le constituant spécial déjà observé dans la série peu carburée.

Propriétés mécaniques des aciers au chrome.

Les résultats des essais mécaniques sur les aciers au chrome sont particulièrement intéressants et permettent de retrouver nettement la classification établie par voie micrographique.

Les aciers peu carburés (1re série) présentent, lorsqu'ils sont à structure perlitique (de 0 à 7 0/0 de chrome), les mêmes propriétés que les aciers au carbone; mais ils ont une charge de rupture d'autant plus élevée qu'ils contiennent plus de chrome. Un acier à 0,050 0/0 de carbone et 0,7 de chrome a donné 35 *kg* par millimètre carré de charge de rupture, tandis qu'un acier à même teneur de carbone et 1,2 0/0 de chrome a donné 56,5 *kg*.

Ces aciers ne sont pas fragiles; ils présentent une dureté peu élevée, mais qui, cependant, va en augmentant rapidement avec la dose de chrome.

Les aciers de la 2e classe (7 à 15 0/0 de chrome) possèdent des charges de rupture extrêmement élevées (de 140 à 150 *kg*) et des limites élastiques très hautes (de 100 à 130 *kg*); ils ont de très faibles allongements et strictions. Ils ne sont pas très fragiles (10 *kgm*), mais sont extrêmement durs.

Ceux de la 3e classe (au delà de 15 0/0 de chrome) ont une charge de rupture assez basse (vers 60 *kg*), une limite élastique faible (environ 40 *kg*), de beaux allongements (15 0/0) et de très belles strictions (50); mais ils sont extrêmement fragiles; ils ne donnent, en effet, que 1 *kgm* au mouton Frémont. Ceci démontre nettement que les essais à la traction ne sont nullement suffisants pour apprécier la résistance au choc d'un acier.

Ces aciers présentent une dureté moyenne (170) qui a une constance remarquable quel que soit le pourcentage du chrome.

Les aciers de la 2e série, qui renferment environ 0,800 de carbone, présentent les caractéristiques suivantes:

1° Aciers renfermant de 0 à 5 0/0 de chrome, mêmes propriétés que les aciers au carbone, mais à charge de rupture et à limite élastique d'autant plus élevées que le chrome s'y trouve en quantité plus grande. La charge de rupture varie de 100 à 140

et la limite élastique de 80 à 130. Ils sont tous fragiles et d'une très grande dureté.

2° Aciers renfermant de 5 à 18 0/0 de chrome, ayant des charges de rupture très élevées, mais des limites élastiques généralement plus basses que les aciers précédents. Pour ces aciers, R varie de 95 à 135 et E de 60 à 80. Les allongements et les strictions sont faibles; la fragilité et la dureté sont très grandes. La dureté atteint même des chiffres énormes (480).

3° Aciers renfermant plus de 18 0/0 de chrome, ayant une charge de rupture basse (60 à 70 *kg*), une limite élastique peu élevée (50 à 55 *kg*), de beaux allongements (15 0/0) et des strictions superbes pour des aciers aussi carburés (40 à 45). Mais ils sont très fragiles. Leur dureté est moyenne.

En résumé, ces propriétés sont en concordance parfaite avec les données de la micrographie.

Aciers au tungstène.

La micrographie des aciers au tungstène est relativement fort simple. Toutes les attaques ont été faites à l'acide picrique à l'exception de l'une d'elles dans laquelle on s'est servi de picrate de soude en solution sodique.

1re Série : Série a environ 0,200 de carbone.

De 0 à 10 0/0 de tungstène, les aciers ont même constitution que les aciers au carbone ; mais il est certain que la perlite est plus déliée que dans les aciers au carbone et que, même à de faibles grossissements, on voit nettement les lamelles alternantes de ferrite et de cémentite.

A 10 0/0 de tungstène, on aperçoit de nombreux points blancs qui sont trop fins pour être photographiés.

C'est ce constituant que nous allons rencontrer dans tous les autres aciers, du moins jusqu'à 40 0/0 de tungstène *(Pl. 55, fig. 26)*.

Nous avons donc une division en deux groupes :

1er groupe : Aciers semblables aux aciers au carbone. De 0 à 10 0/0 de tungstène.

2e groupe : Aciers à constitution spéciale. Au delà de 10 0/0 de tungstène.

2e Série : Série a environ 0,800 de carbone.

De 0 à 5 0/0 de tungstène, on rencontre les mêmes constituants que dans les aciers au carbone. Les remarques faites au sujet de la perlite se retrouvent ici.

A 5 0/0 on voit apparaître les grains blancs déjà notés, ils se présentent ici en filaments allongés, extrêmements nombreux, mais il est bien certain que leurs formes, leurs grosseurs, dépendent énormément du traitement mécanique qu'a subi l'acier.

Tous ces produits contenant plus de 5 0/0 de tungstène, renferment ce même constituant. Il est en points si petits dans l'acier à 10 0/0, qu'il a été impossible de le photographier. Nous attirons l'attention sur les photographies de l'acier à 15 0/0 de tungstène, qui présente quelques cristaux du constituant spécial que le forgeage a respectés, et surtout de l'acier à 25 0/0 de tungstène, dans lequel nous avons trouvé un individu cristallin de très grandes dimensions entouré de plus petits cristaux. Le premier s'est légèrement incurvé sous l'action du marteau. Dans l'acier à 31 0/0 de tungstène, les filaments sont extrêmement nets.

Enfin l'acier renfermant 39,9 0/0 de tungstène présente des particularités extrêmement intéressantes *(Pl. 55, fig. 27)*. L'acier n'a pu être laminé, aussi les cristaux qui se sont formés lentement pendant le refroidissement présentent-ils un développement énorme puisqu'ils n'ont pas été brisés par un traitement mécanique. Parmi ces individus, vous en remarquerez qui sont d'une netteté remarquable et de forme extraordinairement régulière.

Dans cette série, la subdivision est donc la suivante :

1re classe : Aciers ayant même constitution que les aciers au carbone. De 0 à 5 0/0 de tungstène.

2e classe : Aciers ayant une constitution spéciale. Au delà de 5 0/0 de tungstène.

En résumé, la micrographie des aciers au tungstène est d'une netteté remarquable. Elle conduit aux divisions suivantes :

CLASSES	MICROSTRUCTURE	ACIERS à 0,200 C	ACIERS à 0,800 C
1re classe . .	Semblable à celle des aciers au carbone.	De 0 à 10 0/0 Tu	De 0 à 5 0/0 Tu
2e classe . .	Spéciale : Grains en filaments blancs.	Au delà de 10 0/0 Tu	Au delà de 5 0/0 Tu

Une seule question reste donc à se poser. Qu'est-ce que le constituant spécial aux aciers au tungstène ?

Les expériences que nous venons de décrire donnent déjà une indication ; en effet, le point auquel apparaît ce constituant dépend de la somme C + Tu. En effet, dans la série à 0,200 de carbone le constituant apparaît à 10 0/0, tandis qu'on le rencontre nettement dans les aciers à 0,800 de carbone dès 5 0/0 de tungstène. A priori, il semble donc que ce composé soit un carbure double de fer et de tungstène.

De plus il se rapproche, par certaines propriétés, de la cémentite. C'est ainsi qu'il apparaît, par polissage, en bas relief et que le picrate de soude en solution sodique le colore en noir.

Nous allons voir que la cémentation des aciers de la 1re série démontre complètement la nature de ce composé.

Ajoutons d'ailleurs que nous avons observé de nombreux autres aciers au tungstène qui ont confirmé ces résultats.

C'est ainsi que nous avons examiné un acier contenant 1,05 de carbone et 1,8 de tungstène et qui était entièrement formé de petits points blancs.

Propriétés mécaniques des aciers au tungstène.

Les aciers à environ 0,200 0/0 de carbone se subdivisent comme suit pour les propriétés mécaniques :

1° Aciers renfermant de 0 à 10 0/0 de tungstène qui présentent une charge de rupture d'autant plus élevée qu'ils contiennent plus de tungstène ; ils ne sont pas fragiles et offrent une faible dureté.

Pour ces aciers, R varie de 40 à 65 *kg* avec la teneur en tungstène ; la résistance au choc est comprise entre 20 et 30 *kgm*.

2° Aciers contenant plus de 10 0/0 de tungstène. Ces produits ont une charge de rupture assez élevée (de 60 à 80 *kg*) ; ils ont des limites élastiques basses (de 40 à 55), des strictions et des allongements faibles. Ils sont sur la limite des aciers très fragiles et donnent, avec une constance remarquable, 6 *kgm* au mouton Frémont. Ils sont de dureté moyenne.

Les aciers à 0,800 de carbone sont tous à charge de rupture élevée (de 100 à 140) ; mais les aciers contenant de 0 à 5 0/0 de tungstène sont extrêmement fragiles, tandis qu'à partir de 5 0/0 de tungstène, on obtient toujours 5 *kgm*, quel que soit le pourcentage de tungstène.

Comme on le voit, ici encore de la vue micrographique on peut déduire approximativement les propriétés mécaniques.

Influence des Traitements.

Nous venons d'étudier la structure des aciers recuits. Nous examinerons maintenant les modifications apportées par les traitements.

Comme il serait beaucoup trop long de faire cette étude complète pour tous les aciers que nous avons cités, nous prendrons un exemple-type, celui des aciers au nickel.

Le recuit et la trempe amènent dans les aciers de la 1re classe les mêmes modifications que dans les aciers au carbone ; ils sont à peu près sans influence sur les aciers de la 2e classe qui sont martensitiques ; cependant on remarque parfois une tendance à la structure polyédrique, ce qui s'explique puisque, par trempe notamment, une partie du fer passe de l'état α à l'état γ. Les aciers de la 3e classe (c'est-à-dire polyédriques) ne subissent pas généralement de changement, par un traitement quelconque ; seuls les polyèdres s'agrandissent. Mais il y a des exceptions et ce sont celles-là qui sont particulièrement intéressantes.

Ces exceptions sont formées par les premiers aciers polyédriques de chaque série. Considérons, par exemple, l'acier à 0,800 de carbone et 15 0/0 de nickel, lequel est le premier acier polyédrique des aciers à 0,800 de carbone et examinons sur cet acier l'influence des différents traitements.

Si nous recuisons cet acier ou si nous le trempons, en le chauffant à 850 degrés, dans l'eau froide, nous voyons apparaître des fers de lance, de la martensite et, en effet, si comme l'a fait M. Dumas, on essaie à la traction des aciers qui ont subi ces traitements, on voit très nettement qu'ils possèdent une charge de rupture beaucoup plus élevée qu'avant ce traitement.

Si on refroidit cet acier, on voit apparaître encore des fers de lance. A 0 degrés, les polyèdres sont devenus énormes, l'on aperçoit quelques fers de lance. A — 10 degrés les fers de lance sont plus nombreux. A — 40 degrés, leur quantité a encore augmenté et à partir de ce moment, il ne semble plus survenir de grands changements.

D'ailleurs, alors que la trempe n'a d'action que sur les premiers aciers polyédriques de chaque série, le recuit et le refroidissement agissent sur un bien plus grand nombre de ces aciers

En utilisant la neige carbonique en solution alcoolique, ce qui

donne — 80 degrés, nous avons pu transformer les aciers à 0,800 de carbone contenant de 15 à 20 0/0 de nickel.

En employant de l'air liquide qui permet d'atteindre — 180 degrés *(Pl. 55, fig. 28)*, nous avons pu transformer des aciers à même teneur de carbone et renfermant jusqu'à 25 0/0 de nickel.

Si maintenant à l'acier à 15 0/0 de nickel *(Pl. 55, fig. 29 et 30)* on fait subir un écrouissage, on voit apparaître de la martensite et l'on voit nettement la formation de cette martensite qui prend naissance soit par simple jonction des plans de clivage de deux polyèdres, soit par brisure de ces plans. Les photographies données le montrent nettement.

Nous voyons donc que la métallographie indique nettement les changements apportés par un traitement calorifique, mécanique ou chimique, tels que le recuit, la trempe, le refroidissement, l'écrouissage, la cémentation.

Quelles conclusions devons-nous tirer de cet exposé ?

Il est certainement peu scientifique de vouloir tirer des conclusions hâtives et, dans l'état actuel de la question, il n'est pas possible de prendre une conclusion générale. Mais l'étude sur les aciers spéciaux que nous venons de résumer montre clairement que la métallographie microscopique donne rapidement et nettement des renseignements précieux sur la constitution et les propriétés de ces aciers. Elle permet de dire d'une façon suffisamment approximative les qualités de ces produits et l'usage auquel on peut les destiner.

Ce travail n'est qu'une partie des longues recherches que nous avons entreprises. Le but que nous nous proposons est en effet de tirer au clair, et cela par des essais pratiques et scientifiques, la question si importante pour toute l'industrie des aciers à outils. La science, et plus particulièrement la métallographie microscopique, permettront, nous en sommes persuadés, de substituer aux règles empiriques et particulières qui sont données à l'heure actuelle pour le traitement et l'utilisation de ces aciers des règles générales basées sur des faits scientifiques. Et ce sera ce jour-là, ce jour-là seulement, au moment où les découvertes métallographiques se traduiront par des règles en langage vulgaire, mises à la portée des ouvriers, des forgerons et des trempeurs, des cémenteurs et des tourneurs, que la métallographie microscopique pourra réellement se glorifier des services rendus à l'industrie.

En terminant, nous tenons à déclarer ici que si nous avons

pu mener à bien ces études, nous le devons tout d'abord aux moyens d'action si puissants, uniques peut être dans l'industrie française, qui sont mis à notre disposition dans les laboratoires des usines de Dion-Bouton. Nous le devons aussi aux bienveillants conseils que n'a cessé de nous prodiguer depuis deux ans M. le Professeur Le Chatelier, aux encouragements qu'a bien voulu nous donner M. Osmond et à l'accueil si cordial que nous ont réservé les plus savants métallurgistes de France et de l'Étranger tout particulièrement MM. Pourcel et Dumas.

La métallographie microscopique traverse en ce moment cette période particulièrement intéressante, dans laquelle, arrivée à un perfectionnement suffisant en tant que méthode d'investigation scientique, elle doit entrer dans le domaine industriel pour aider le métallurgiste comme le constructeur, le fabricant comme le consommateur.

Avec sa méthode précise, nette et rapide, elle apporte des documents nouveaux dont l'industrie saura profiter.

Sortie des vieux errements où elle se plaisait, la métallurgie moderne grâce à ces méthodes scientifiques pourra livrer aux praticiens des produits de plus en plus parfaits et répondant aux desiderata les plus exigeants.

Ainsi sera démontrée à nouveau, la vérité de ce principe : la nécessité de l'union intime de la science et de l'industrie, du laboratoire et de l'usine.

ÉLECTRO-MÉTALLURGIE DU ZINC

PAR

M. A. SALGUÈS

Méthode actuellement pratiquée.

La métallurgie du zinc se pratique encore aujourd'hui par distillation en cornues ou petits tubes réfractaires, de la même manière qu'il est décrit dans les ouvrages classiques.

Certes, les usines à zinc actuelles ont profondément amélioré leur outillage et ne ressemblent nullement aux anciennes ; elles sont ainsi parvenues à réduire considérablement leurs prix de revient.

Mais elles n'ont pas modifié le principe du traitement.

Ce traitement consiste à chauffer progressivement, et par petites charges isolées successives, des minerais de zinc exclusivement oxydés et du charbon, jusqu'à la température de volatilisation du zinc.

Le charbon réduit le ZnO et le $ZnOSiO^2$ en donnant du CO, lequel réduit lui-même ZnO en donnant du CO^2, qui retourne aussitôt en CO par l'action du charbon en excès.

Il se dégage d'abord du CO presque pur. Etant formé à température relativement basse, ce CO n'entraîne pas de vapeurs métalliques et brûle avec flamme bleue à sa sortie des cornues. C'est la caractéristique de cette première période de la réaction.

Puis, la température s'élevant, les impuretés volatilisables se dégagent en même temps que quelques vapeurs de zinc, dont l'entraînement a lieu par le CO bien que la température n'atteigne cependant pas encore celle de son ébullition.

Durant cette seconde période, qui est épurante, la flamme se colore peu à peu de vert et les vapeurs entraînées, diluées qu'elles sont dans un gros volume de CO, se condensent en poussière, qui se dépose surtout dans les allonges réfrigérantes des vases distillatoires.

Enfin, la température atteint celle de 930 degrés = distillation du zinc. Alors celui-ci se dégage abondamment en vapeurs très peu diluées de CO, car la réduction des minerais est presque achevée. Leur concentration étant ainsi suffisante, ces vapeurs se

condensent en gouttelettes liquides dans le récipient du vase distillatoire, récipient qui est disposé pour être à ce moment à une température supérieure à celle de 412 degrés = fusion du zinc. On y recueille ainsi du zinc fondu, qui est le métal brut. C'est la troisième et dernière période.

Une fois le dégagement terminé, on récolte les produits, on extrait les résidus, et on recharge les cornues, etc., pour recommencer le travail indéfiniment.

Les produits obtenus sont : dans le récipient, du zinc métallique liquide ; dans le condenseur, une poussière métallique de zinc, chargée d'impuretés et notablement oxydée, surtout par contact de l'air. Cette poussière est redistillée en général comme un minerai riche.

Les résidus sont formés par la gangue du minerai épuisé, par le peu de minerai resté inépuisé et par du carbone introduit systématiquement en excès, notamment pour empêcher la masse de fondre. Sa fusion serait en effet ruineuse pour la conservation des vases distillatoires.

Il reste toujours, dans ces résidus, une proportion du zinc chargé qui constitue la perte inhérente à cette méthode de travail. Cette perte descend exceptionnellement à 10 0/0 quand on traite des minerais riches. Elle monte à 25 0/0 et davantage quand les minerais sont relativement pauvres. Les minerais réellement pauvres subissent de ce chef une dépréciation énorme et sont mêmes délaissés.

Il n'est pas besoin de dire, dans ces conditions, que ce mode de traitement est imparfait en principe. Quand on fait attention, en outre, à la petitesse des charges successives, à la nécessité d'une main-d'œuvre tout à fait spéciale, aux énormes consommations de charbon et de matières réfractaires, etc., on a, dès l'instant, la pensée que l'on doit facilement trouver mieux.

Et cependant on n'a pas trouvé mieux, et le vieux procédé est toujours le seul appliqué jusqu'à présent.

Recherches d'amélioration du traitement ancien.

On a pourtant beaucoup cherché. La littérature y relative est encombrée des innombrables tentatives qui ont été faites en tous sens. Je n'ai pas l'intention d'en faire un historique. Je me bornerai à signaler seulement les diverses orientations où se sont dépensés les chercheurs.

On a d'abord essayé le four à cuve, avec la pensée qu'il donnerait, soit du zinc coulé sous laitiers, soit des vapeurs métalliques condensables. Il n'est venu ni l'un ni l'autre. Les vapeurs se sont condensées sous forme de poussières de Zn très oxydé par CO^2, qui ne sont que des minerais enrichis.

On a songé alors à travailler sous pression pour reculer la température de volatilisation du zinc, et pouvoir le couler sous scories à la façon du plomb dans les fours à cuves, mais cela n'a pu être pratiqué.

Puis, on a tenté les procédés électriques. L'électrothermie, c'est-à-dire le chauffage électrique, a été essayé notamment par Cowles, puis par Siemens et Halske, etc.; mais les difficultés toutes spéciales qu'on y rencontre, et dont il sera question tout à l'heure, ont laissé ces recherches infructueuses jusqu'à présent.

L'électrolyse a surtout attiré l'attention. On a essayé d'électrolyser les matières zincifères, soit en solution aqueuse, soit en fusion ignée. A part certains cas spéciaux, notamment le procédé Hœpfner, qui traite des solutions aqueuses de chlorure de zinc en vue d'obtenir du zinc très pur et du chlore, et qui est, à proprement parler, plutôt un procédé chimique de fabrication du chlore, avec le zinc raffiné comme sous-produit, qu'un procédé métallurgique généralisable pour le traitement des minerais de zinc, à part, dis-je, ces cas spéciaux, les tentatives électrolytiques ont toutes avorté. Cela tient à ce que l'électrolyse ne peut se faire qu'à la condition d'employer des matières premières pures, ou bien d'épurer économiquement les bains électrolytiques à mesure de leur pollution par l'alimentation en minerais neufs, toujours impurs. L'électrolyse en elle-même va fort bien tant que les bains sont neufs, propres, et c'est ce qui donne un si décevant encouragement à ces procédés ; mais ensuite l'entretien économique des électrolytes en bon état devient une difficulté croissante, finalement insurmontable.

Cette raison de principe est si péremptoire que l'application de l'électrolyse au traitement direct des minerais de zinc est condamnée aux yeux de beaucoup d'Ingénieurs.

Tels sont, en leurs grandes lignes, les résultats négatifs des efforts dépensés pour améliorer les anciens procédés de fabrication du zinc, d'apparence pourtant si perfectibles.

Mes recherches.

C'est dans ces conditions peu encourageantes que j'ai néanmoins tenté d'y donner ma contribution, Il m'a paru utile de reprendre les recherches dans la voie de l'électrothermie, dont l'échec antérieur n'était vraiment attribuable à aucune raison de principe.

Mes efforts ont abouti à la fixation d'un procédé qui a fonctionné d'abord pour essais, puis en application vraiment industrielle, dans l'usine électro-chimique de Crampagua (Ariège), où il a donné des résultats pratiques tels qu'il m'a semblé digne d'attention.

Description du principe.

Ce procédé consiste en ceci :

Dans un four électrique clos et étanche, les minerais de zinc oxydés ou sulfurés, additionnés des fondants appropriés à leur composition, sont fondus et mis en réaction entre eux et avec des matières complémentaires telles que carbone, fer, etc. Il en résulte la formation d'une scorie pratiquement dépouillée de zinc qui est coulée et rejetée, et la mise en liberté pour ainsi dire intégrale du métal, qui coule ou se volatilise suivant les conditions du travail. S'il coule, il est recueilli avec les scories. S'il est volatilisé, ses vapeurs sont recueillies à l'état métallique dans un condenseur, ou bien elles peuvent être brûlées et être utilisées ainsi directement pour la fabrication du blanc de zinc.

On verra par la suite pourquoi ce procédé, si simple en principe, a été si tardif à venir. C'est qu'il comporte des exigences dont l'oubli d'une seule peut entraver la marche régulière des opérations. Elles concernent surtout la fixation des conditions électriques et chimiques convenant à chaque minerai et à chaque type de marche, et aussi la construction du matériel dont l'étanchéité et la sécurité sont essentielles pour le maniement des vapeurs métalliques.

Valeur spécifique du four électrique pour l'industrie du zinc.

Dans l'exposé succinct qui a été fait tout à l'heure de la méthode métallurgique courante, il a été signalé que, seuls, pou-

vaient y être utilisés les minerais oxydés de zinc et qu'une partie du métal y était perdue.

Cette perte est causée surtout par le défaut de scorification des résidus. Quand les matières sont fondues, le contact étant intime, les minerais quels qu'ils soient sont épuisés : les silicates sont réduits par le carbone solide. Le sulfure de zinc lui-même entre en réaction, tant avec l'oxyde de zinc, qu'avec la chaux en excès des silicates basiques, en donnant, avec cette dernière, du sulfure de calcium qui s'élimine par coulée dans la masse des scories. En outre, le fer, le manganèse, etc., peuvent être produits au sein des scories et y déplacer le zinc qui se volatilise. La scorification apparaît ainsi comme une condition essentielle du bon traitement des minerais de zinc.

Or, le four électrique se prête très bien à cette fusion.

Mieux que tout autre moyen, il permet de régler à volonté la composition des scories, car la question de leur fusibilité devient secondaire du moment qu'il est loisible d'en élever la température à tel degré que l'on veut.

La source de chaleur y étant intérieure, la question des vases, si grave avec le chauffage extérieur, disparaît totalement.

Il n'est même plus besoin de se préoccuper de la corrosion des parois, car on peut les rafraîchir. On y pratique ainsi sans crainte des compositions de scories si corrosives (acides ou basiques, fluorées, etc.) que dans des fours métallurgiques ordinaires, il en résulterait des frais d'entretien prohibitifs.

On peut, d'ailleurs, y abaisser par contre la température de réaction au degré que l'on veut ; il suffit d'y travailler en résistance et non en arc, et de régler la composition des scories pour qu'elles soient bien liquides à la température choisie.

Résultats chimiques.

On comprend que, dans ces conditions, l'on puisse utiliser avec succès le four électrique pour réaliser toutes les réactions précitées d'épuisement des minerais quelconques de zinc. J'y emploie indifféremment les oxydes résultant du grillage des blendes, les calamines carbonatées crues ou calcinées, les calamines silicatées, les blendes crues, les minerais mixtes plombeux, etc. Cela n'offre pas plus de difficulté que l'alimentation si élastique du four à cuve pour plomb. Tous ces minerais se chargent simplement concassés à la grosseur d'un sable grossier.

Les scories que j'obtiens sont si profondément épuisées qu'elles peuvent ne plus contenir du tout de zinc, et qu'en marche courante elles ne titrent pas plus de 1 0/0 de zinc. Avec des minerais de richesse ordinaire, c'est-à-dire de 40 à 50 0/0, la perte de métal par l'évacuation des scories se limite dès lors vers 2 à 3 0/0 environ du zinc total introduit dans le four.

Avec des minerais très pauvres, la quantité proportionnelle de scories est plus grande et il y a donc perte plus grande, mais le rendement chimique ne descend cependant guère au-dessous de 90 0/0.

En d'autres termes, la perte par les résidus est réduite à moins de la moitié de ce qu'elle est avec le procédé ancien.

Ce sont là des résultats intéressants qui compensent les difficultés inhérentes au travail électrique et que voici :

Production du zinc poussière.

Le four électrique, par le chauffage qu'il produit brusquement et directement au sein de la matière à traiter, ne se prête pas à un traitement progressif des minerais en trois périodes, telles qu'elles ont été décrites au début. Les réactions des parties successives de la charge s'entrecroisent et donnent lieu à un fonctionnement continu. Or cette particularité a un profond retentissement sur la qualité du produit. Le zinc, au lieu de distiller presque seul, se dégage mélangé toujours d'une quantité considérable de gaz résiduels, principalement formés d'oxyde de carbone.

Théoriquement, en traitant de l'oxyde de zinc pur, le mélange comporte un volume de Zn pour deux volumes de CO.

Or, avec un tel mélange, pour réaliser la condensation du zinc sous forme liquide, ruisselante, il faudrait maintenir le condenseur entre 412 degrés et 930 degrés et lui donner une grande capacité pour que le ruissellement eût le temps de s'effectuer. C'est incompatible avec un fonctionnement intensif. C'est excessivement dangereux d'ailleurs, car les vapeurs de zinc se condensent et provoquent des absorptions qui font parfois rentrer l'air dans le condenseur et y produisent des mélanges tonnants d'une violence extrême. J'ai dû renoncer à ce mode de condensation pour ces raisons pratiques.

Quand on traite directement les minerais tels quels, la condensation des vapeurs de zinc ne peut se faire pratiquement qu'à

l'état de brouillard, c'est-à-dire à l'état de poussière métallique.

Si l'allure du four est suffisamment chaude, cette poussière métallique contient la totalité du zinc dégagé, et aussi la totalité des métaux volatilisables avec le zinc, notamment le plomb et l'argent d'une part, et d'autre part une petite quantité d'impuretés provenant des scories, savoir, quelques millièmes de silicium, aluminium, calcium, fer, manganèse, etc., la pureté 0/0 de la poussière se tient ainsi vers 95 0/0 de (Zn + Pb). Son degré d'oxydation est très faible : moins de 2 0/0 de zinc y sont à l'état d'oxyde et encore cet oxyde provient-il sans doute des manipulations à l'air de cette poudre, tellement oxydable qu'au moindre échauffement elle devient pyrophorique.

Les débouchés commerciaux de la poussière de zinc sont assez abondants. Telle quelle, elle sert de réducteur puissant en chimie organique. On la recherche aussi pour la peinture du fer en première couche, car elle y est supérieure au minium de plomb; elle agit là non seulement à la façon d'un vernis, mais encore comme une sorte de galvanisation. Elle est enfin susceptible de s'employer comme matière première pour la fabrication du blanc de zinc dans les usines qui produisent ce blanc par la distillation du zinc métal. Mais tous ces débouchés sont cependant insuffisants pour un produit tel que le zinc électrique. Il faut pouvoir le transformer en lingots.

On dispose à cet effet des fours Montefiore qui agglomèrent le zinc par pression de la poussière chauffée au-dessus de 412 degrés.

On dispose aussi de la redistillation par chauffage, soit au charbon soit électrique. Il ne faudrait pas croire que cette redistillation soit une lourde charge, car elle est intensive et peu coûteuse, puisque le zinc est métallique et qu'il n'y a pas d'oxyde à réduire. Elle ressemble quelque peu à la distillation des crasses de désargentation du plomb par le zinc. Elle peut d'ailleurs être conduite en forme de rectification et donner un métal raffiné. Les résidus sont recueillis et traités pour plomb et argent.

On dispose encore du raffinage électrolytique en vue d'obtenir ainsi du zinc à haut titre, et d'autre part le Pb et Ag.

Il y a à tenter enfin la fusion de la poussière sous scorie, avec l'aide ou non d'une action électrolytique, à la façon de l'aluminium qui se rassemble en une masse liquide sous un bain de fluorures.

En fin de compte, les moyens abondent suffisamment pour qu'il n'y ait pas à se préoccuper de la production du zinc à l'état pulvérulent.

Production directe du zinc compact.

Mais il est bien évident que, théoriquement, il serait plus séduisant d'obtenir le zinc liquide de suite. Pour y parvenir, il se présente trois moyens :

1° Distiller le zinc uniquement à l'état de vapeurs concentrées, c'est-à-dire dans l'état où elles se dégagent dans la troisième période du traitement courant.

Pour cela, il faut alimenter le four non plus avec des minerais tels quels, mais avec des minerais déjà réduits par le chauffage préparatoire de leur mélange avec du charbon. En d'autres termes il faut faire précéder le four électrique d'un four auxiliaire, à manche ou de tout autre genre, où le minerai est réduit à basse température comme dans la première période du traitement courant. Le four électrique n'a plus alors qu'à fondre la masse déjà réduite en en volatilisant le zinc. Au lieu de se dégager diluées, les vapeurs de zinc s'obtiennent ainsi concentrées et susceptibles de condensation ruisselante. Il se forme toujours un peu de poussière de zinc, mais cette poussière est repassée dans le four et contribue à diminuer la dilution des vapeurs de zincs ultérieures.

2° Conduire le travail du four électrique à température suffisamment basse pour que le zinc ne distille pas et coule au contraire sous les scories.

Ce second procédé exige une transformation radicale, d'ailleurs sans difficulté, de la conduite précédente du four. Électriquement, il doit travailler en résistance et non à arc. Chimiquement, la composition des scories doit être réglée pour obtenir une grande fusibilité sans cependant augmenter par trop la teneur en zinc. De cette façon, la marche du four se faisant à basse température, on alimente avec des minerais préalablement réduits aussi complètement que possible. A la condition de ne pas forcer la marche, on obtient ainsi le zinc liquide dans le four et peu de poussière est entraînée au dehors.

3° Le troisième procédé relève d'un principe partiellement électrolytique.

Les minerais sont d'abord réduits préalablement à basse température, mais sans mélange de charbon ; leur réduction est exclusivement faite par de l'oxyde de carbone. C'est dire que le zinc silicaté y reste tel quel puisqu'il n'est réductible que par le

carbone solide. Après cette réduction, les minerais sont chargés dans le four. Le lit de fusion a été réglé pour la production d'une scorie très fusible en vue d'une marche à basse température. Le travail électrique se fait par résistance.

La fusion du zinc provenant de la réduction préalable de l'oxyde se fait comme dans le cas précédent; le métal se rassemble sous les scories. Quant au zinc silicaté il est électrolysé. Le four, en effet, au lieu de recevoir du courant alternatif, est alimenté de courant continu, de sens tel que le zinc se dépose sur la tôle, exactement comme cela se pratique dans la métallurgie de l'aluminium. On n'évite pas totalement les poussières de zinc, mais il y en a très peu.

Tels sont les trois moyens qui se présentent pour l'obtention directe du zinc liquide.

Marche pratique.

Une expérience suffisante me manque encore pour indiquer lequel est le meilleur, et s'il y a avantage à recourir plutôt à eux qu'au procédé de réduction brutale et d'entière volatilisation, quitte à refondre ou redistiller, comme il a été dit plus haut, le zinc obtenu à l'état de poussière. Il est certain que cette dernière marche métallurgique est plus rustique et plus intensive ; et rien ne prouve qu'elle ne soit pas pratiquement aussi économique que les autres, car il ne faut pas oublier que la poussière obtenue est inoxydée.

Mais on ne saurait méconnaître, par contre, qu'il est plus séduisant d'obtenir directement le zinc à l'état liquide, et, dans ces vues, le deuxième des trois moyens précités est plus particulièrement à ma convenance.

Matériel.

Voyons maintenant les moyens de réalisation en tant que matériel : ce matériel comprend deux parties bien distinctes, le four et son condenseur.

Four.

La construction que j'ai adoptée pour les fours à distiller le zinc ne diffère essentiellement de celle des fours électriques clos ordinaires que par le mode d'assurer leur étanchéité.

Il ne m'a pas paru possible d'y employer les dispositifs connus

des fours à carapace, notamment les gaines d'électrodes, etc... C'est en effet un problème tout spécial que celui de recueillir des vapeurs de zinc.

Celles-ci, se condensant dès 930 degrés et s'infiltrant partout avec les gaz dans lesquels elles sont diluées, encombrent de leurs dépôts toutes les cavités moins chaudes du four, y rendent à la longue toute manœuvre impossible, forment des courts-circuits, etc., et qui plus est, aussitôt que la température s'élève en un point au-dessus d'un niveau déterminé, elles y occasionnent une attaque prompte des enveloppes métalliques et les transforment en alliage fusible qui coule et laisse un trou béant.

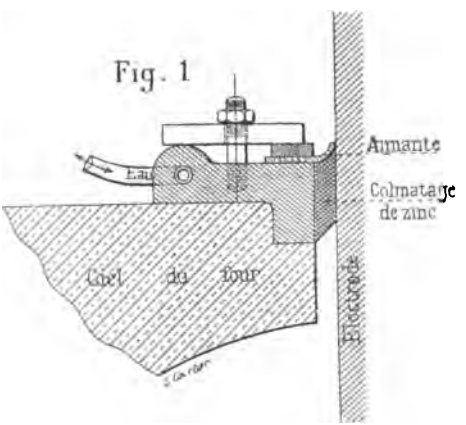
D'un autre côté, l'opération métallurgique à réaliser dans le four exige que très fréquemment on vienne y travailler à l'intérieur, soit pour des charges, soit pour des piquages. Cela exclut les fermetures mécaniques.

J'ai obtenu l'étanchéité par la simple réfrigération des orifices.

Voici comment la chose se réalise :

Prenons une lunette d'électrode, par exemple *(fig. 1)*. On la munit d'un cadre métallique, en fonte, réfrigéré par une circulation d'eau, ou par arrosage, ou par ventilation fraîche, etc., peu importe. L'électrode passe très librement dans ce cadre par exemple avec 10 *mm* de jeu ; ce jeu est nécessaire pour éviter ses coincements éventuels.

Fig. 1



Les gaz et vapeurs de zinc sortant du four ont donc une fente béante de 10 *mm* de largeur $\times$ 1,200 *mm* de longueur, si l'électrode a une section de 300 $\times$ 300 *mm*.

Ils s'y engagent. S'ils y passent avec rapidité, ils la traverseront purement et simplement. Mais si, au moyen d'un obstacle quelconque, on empêche qu'ils ne la traversent vite, la vapeur de zinc aura le temps d'y subir l'action refroidissante du cadre réfrigéré ; elle s'y condensera et y formera une croûte de plus en plus épaisse et qui finalement colmate si bien le passage que l'étanchéité est obtenue. Cela se fait en quelques instants.

Lorsque plus tard, pour la conduite du four, on remuera l'électrode, et qu'on détruira quelque peu de colmatage, il se produira une fissure, une fuite. Mais, presque aussitôt, on voit le jet de gaz se rapetisser et disparaître. L'étanchéité est restaurée.

Pareille méthode d'étanchéiage convient aux orifices de chargement et de manœuvre. Les orifices sont pourvus d'une lèvre métallique refroidie, sur laquelle porte simplement une plaquette de fonte. Sans joint, sans même que le portage ait besoin d'être ajusté, la réfrigération suffit pour colmater d'une croûte de zinc l'intervalle des deux pièces pour assurer l'étanchéité presque instantanée. Il n'y a donc plus d'embarras à ce que les piquages intérieurs soient pratiqués aussi souvent que le réclame la bonne conduite des fours.

Bien entendu, mille dispositifs de détail peuvent réaliser ce principe de réfrigération. En voici un particulièrement simple, appliqué à un four d'environ 100 kilowatts *(fig. 2)*. Le dessus du four est couvert d'une très épaisse plaque de fonte refroidie par arrosage. L'unique lunette d'électrode est pourvue de lamelles d'amiante sur lesquelles on jette de temps en temps un peu de matière pulvérulente du lit de fusion; cela suffit à obturer assez pour que le colmatage se produise. Les orifices de chargement sont fermés par une tuile en fonte coulissant sur la plaque. En combinant le mouvement de cette tuile avec celui d'un seau de charge, on arrive à charger le four sans provoquer pour ainsi dire aucune perte de gaz.

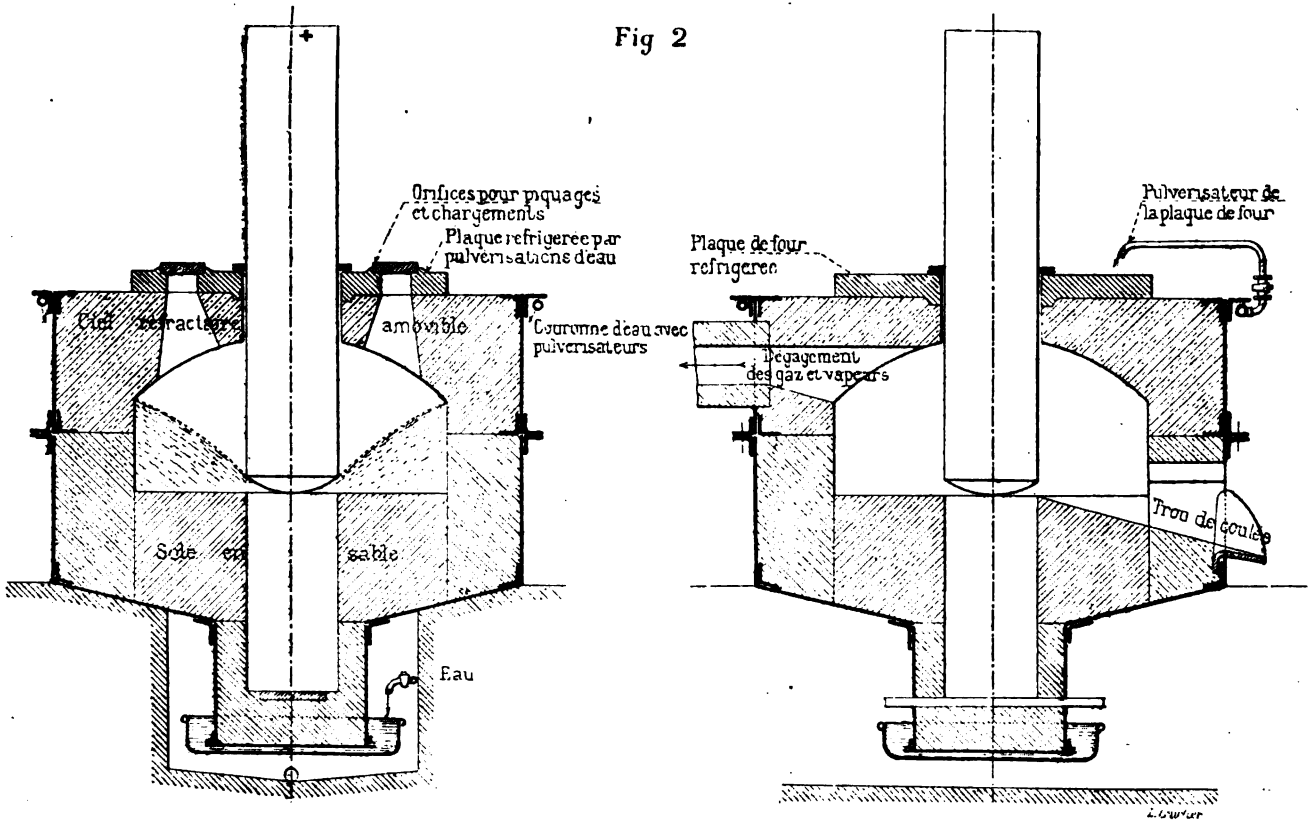
Il y a cependant à l'intérieur du four une pression, très faible il est vrai, mais cependant réelle et parfois susceptible de provoquer des soufflards quand on ouvre intempestivement le four.

Le même système de réfrigération est utilisé pour rendre étanches les parois du four ; ainsi le colmatage en est parfait et il n'y a pas de perte.

La sole est construite comme celle des fours métallurgiques ordinaires, en sable notamment. A la condition de pouvoir la réfrigérer et d'abaisser ainsi sa température au point voulu pour éteindre ses affinités chimiques vis-à-vis du bain de scories, on arrive à la faire durer indéfiniment. L'électrode inférieure s'attaque d'abord jusqu'à ce qu'elle se creuse; alors elle se recouvre d'un régule métallique qui la supplée et la protège, et finalement le four peut fonctionner ainsi sans qu'on n'ait plus guère à se préoccuper de ce point-là.

On remarquera l'énormité relative de la surface réfrigérante

Fig 2


Orifices pour piquages et chargements
Plaque refrigeree par pulverisations d'eau
Ciel refractaire
amovible
Couronne d'eau avec pulverisateurs
Degagement des gaz et vapeurs
Pulverisateur de la plaque de four
Plaque de four refrigeree
Trou de coulee
Sole en
sable
Eau

d'un tel système de four proportionnellement à l'étendue de son laboratoire. Il y a là, effectivement, un point faible qui n'est que partiellement compensé par l'intensité du travail dans ce laboratoire. On est ainsi amené à combiner des fours jumelés. Voici le schéma de l'un d'eux à deux électrodes pendantes montées en série *(fig. 3)*.

Bien d'autres formes sont imaginables. Seule demeure constante la méthode d'étanchéiage, par réfrigération.

C'est dans ces diverses formes qu'il y a à chercher le type de

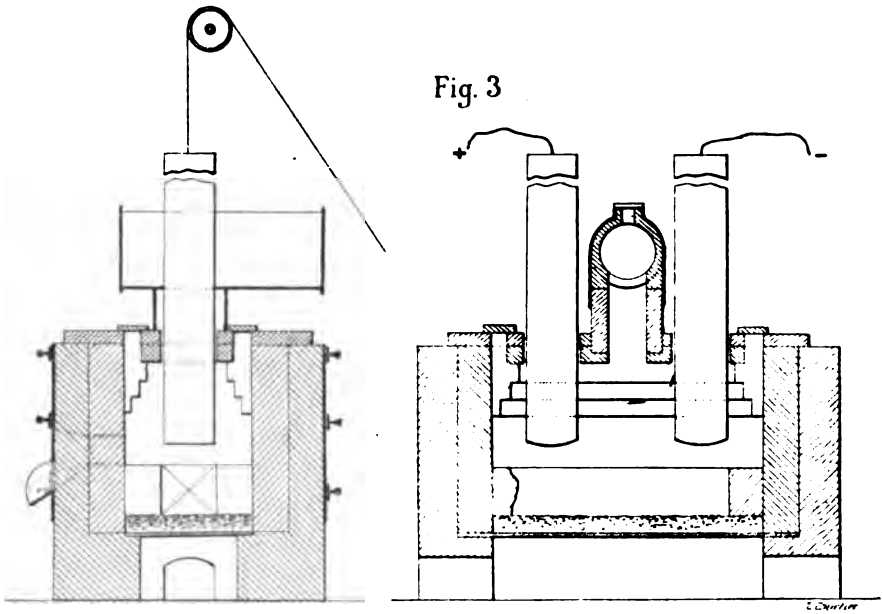


Fig. 3

four convenant à la machinerie électrique dont on dispose, quand elle existe déjà.

Le traitement des minerais de zinc exige en effet une appropriation des caractéristiques du courant et surtout du voltage aux marches qu'on veut réaliser. Pour la distillation totale, un voltage relativement haut est praticable ; pour la fusion, le travail en résistance exige un voltage très bas. Les fours à une seule électrode pendante conviennent au premier cas ; mais ils ont des inconvénients de détail. Les fours à deux électrodes pendantes en série, divisant le courant en deux échelons égaux, sont mieux appropriés au second, et sont préférables en général, car malgré cette division ils conservent l'énergie dans un four de déperditions peu accrues.

Dans tous les cas j'ai trouvé avantage à l'emploi d'électrodes pendantes plutôt qu'à celui d'électrodes face à face horizontales ou inclinées. L'épuisement des scories en est la raison principale.

Le courant peut être continu ou alternatif, sauf dans la marche électrolytique précitée. L'alternatif est plus simple à produire, mais il comporte des pertes et notamment un décalage que ne subit pas le continu. Ma préférence est en faveur du continu, bien que l'alternatif soit de bon emploi.

Condenseur à poussière de zinc.

La condensation pulvérulente des vapeurs de zinc comporte la connaissance préalable de leur mode de dégagement.

Le travail d'un four électrique est certes continu, mais sa production n'est pas uniforme, car il peut y avoir des irrégularités dans la descente des charges, etc... Il se dégage un mélange gazeux généralement normal, mais parfois plus, parfois moins riche en zinc. Il en résulte une irrégularité de condensation, et si des refroidissements intempestifs surviennent au moment où il y a le moins d'oxyde de carbone, on court le danger de voir se produire des absorptions en queue de condenseur. Ces absorptions ont d'autant plus de chance de se produire que la température des gaz à la sortie du four est voisine de celle de 930 degrés, où commence la liquéfaction. Il suffit ainsi de peu de chose pour qu'une rentrée d'air se produise. Alors, si le mélange tonnant résultant parvient jusqu'à des régions suffisamment chaudes pour s'enflammer, ce qui est facilité par la présence d'un brouillard presque pyrophorique de zinc, il y a explosion, et l'expérience m'a montré qu'il est rare qu'une telle explosion ne soit pas d'une violence dangereuse.

Il faut donc absolument disposer le condenseur à zinc pour empêcher toute rentrée d'air, et en même temps il est prudent de donner au condenseur une forme tubulaire en ligne brisée et la plus faible capacité possible.

C'est ainsi que se justifient les dispositifs du condenseur suivant *(fig. 4)*.

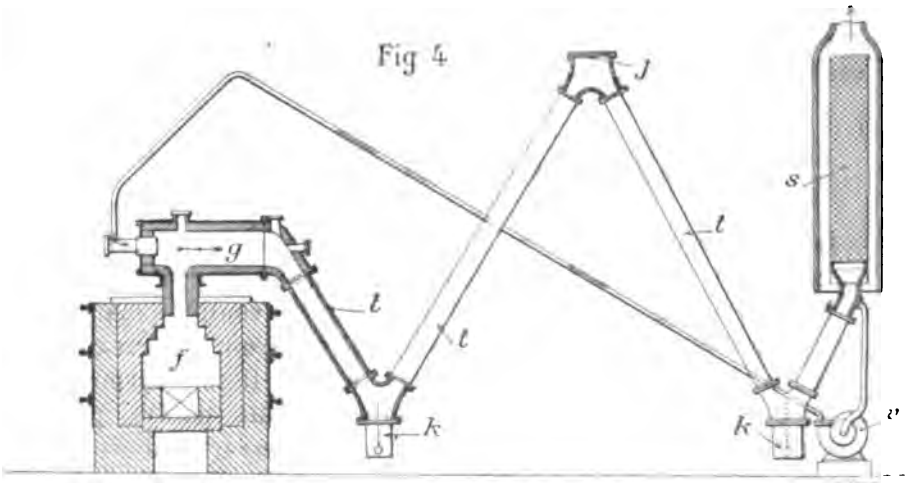
A leur sortie du four *f* les gaz et vapeurs de zinc s'engagent dans une tuyauterie *tt* en tubes de fonte d'abord, puis de fer, refroidis par arrosage au départ et plus loin par ventilation na-

turelle. Ces tubes sont disposés en W. Cela facilite la récolte de la poussière par battage des tuyaux.

Au sommet intermédiaire *j* est ménagé un plein-joint en carton d'amiante pour sauter en cas d'explosion.

En queue, sur le tube condenseur, s'attache une longue manche en toile d'amiante *s*, assez serrée pour filtrer les gaz

Fig 4



résiduels et retenir leur poussière de zinc, mais assez lâche pour ne pas créer de pression excessive dans le condenseur. On la bat d'ailleurs de temps en temps pour la dégorger. L'amiante a été choisie de préférence à un tissu végétal parce que celui-ci, imprégné de poussière pyrophorique de zinc, prendrait feu. Le volume intérieur de la manche doit être suffisant pour équivaloir à la plus grosse absorption possible. Cela étant, quand une absorption se produit, le sac s'applatit, son contenu, formé de gaz résiduels mais sans aucun mélange d'air, rentre dans le condenseur. Les gaz résiduels y sont inertes. Tout danger d'explosion est écarté.

L'extraction du zinc pulvérulent hors du condenseur exige des précautions pour éviter son oxydation à l'air. Le meilleur extracteur *k* me paraît consister en un piston qui expulse une carotte de poudre comprimée, à la façon des agglomérés cylindriques de houille. Le produit sort ainsi tassé, compact, inoxydé et de plus maniable à l'air libre.

Ainsi établi, le condenseur fonctionne à souhait tant que le four donne des gaz et vapeurs se condensant en poussière ; mais quand la proportion de vapeur de zinc vient accidentellement

à s'accroître à l'excès, il se produit en tête du condenseur un ruissellement de zinc qui empâte les poussières déjà déposées en ce point et y forme des croûtes. Il faut extraire celles-ci à coups de ringards. Mais les ringards introduits dans la vapeur de zinc sont promptement attaqués par elle, pour peu qu'on les y laisse se chauffer. L'alliage zinc et fer résultant coule et l'outil est perdu. J'ai été amené par là à rechercher la suppression radicale des croûtes. Voici un dispositif qui y parvient :

En queue, immédiatement avant la manche de sûreté, on puise des gaz résiduels froids par un ventilateur v et on les refoule en tête du condenseur à la sortie du four g. Ces gaz froids, se mélangeant aux vapeurs de zinc, les diluent assez pour les empêcher de ruisseler, et en outre les refroidissent au point de les condenser immédiatement en poussière solide. Toutes croûtes sont ainsi impossibles. Il n'en résulte d'ailleurs pas de besoin d'agrandir le condenseur, puisque son effet réfrigérant n'a pas à devenir plus considérable, la quantité de gaz et vapeurs sortant du four ne variant pas. Il n'en résulte pas non plus d'accroissement sensible dans la pression intérieure du four, car l'action du ventilateur ne modifie que très peu les pressions dans le circuit où il agit.

Ce ventilateur doit, bien entendu, être construit avec la précaution d'y empêcher toute rentrée d'air, ce qui est sans difficulté.

Résultats économiques.

Telles sont, décrites sommairement, les méthodes et matériel qui m'ont permis la mise en pratique de l'électrométallurgie du zinc.

Essayons d'en apprécier les résultats.

Tout d'abord, je rappellerai que, grâce à l'épuisement presque complet des résidus, les pertes de zinc en traitement sont réduites à moins de 1/2 de celles actuelles. Il est ainsi possible de tirer un bien meilleur parti des minerais marchands qui sont les riches et les moyens, et d'utiliser les pauvres qui sont délaissés et presque sans valeur.

Je rappellerai également que le sulfure de zinc actuellement perdu dans les charges est utilisé, de sorte qu'il n'est plus né-

cessaire de se préoccuper autant du parfait grillage des blendes, et de les faire passer à cet effet dans des usines de grillage parfois lointaines. Un grillage grossier, fait à côté de la mine, en un lieu propice, à l'air libre, et aux 8/10 à 9/10, suffit.

Je rappellerai enfin que, lorsqu'on traite les minerais plombeux et argentifères, le plomb et l'argent passent avec un coefficient d'utilisation voisin de celui du zinc, c'est-à-dire avec des pertes minimes. Cela permet non seulement de tirer bon parti des blendes impures, mais aussi de traiter les sulfures multiples, dits minerais mixtes, dont l'emploi actuel est si défectueux que la vente ne peut s'en faire qu'à des prix très réduits, allant jusqu'au non-payement du zinc qu'ils contiennent.

En un mot, on peut traiter avec profit n'importe quels minerais de zinc, et par conséquent en régler les approvisionnements de manière à faire ressortir l'achat de l'unité de zinc à un prix très bas.

Pour une usine bien située, il y a là matière à réaliser l'énorme économie de 10 à 20 0/0 au moins, suivant qualité des minerais, dans le prix d'achat du zinc entrant en traitement.

D'autre part, les grands gisements miniers sont, en général, environnés de régions montagneuses où les forces hydrauliques abondent. On dirait que la nature a placé ensemble les minerais et les sources naturelles d'énergie qui permettent de les traiter électriquement. Il n'y a que profits à retirer de leur conjugaison, qui doit procurer une économie de transports, en dispensant d'expédier les minerais aussi loin qu'aujourd'hui. Et cette économie est certes bien loin d'être négligeable.

Ce sont là deux facteurs économiques importants, créant une supériorité du procédé électrique sur le mode de traitement actuel.

Cette supériorité s'affirme par la simplicité et le prix de revient du travail électrique. L'exposé qui a été fait plus haut a mis en relief l'extrême simplicité de ce travail, qui ne le cède en rien, sous ce point de vue, à la métallurgie en four à cuve.

Quant à son prix de revient, on comprendra que je doive me défendre d'en parler d'une façon trop précise. Mais je puis affirmer, par la pratique acquise en marche industrielle, que par l'électrométallurgie on peut avantageusement concurrencer les procédés actuels, non seulement quand on traite des minerais pauvres, ce qui est presque évident, mais aussi dans le traitement des minerais riches.

On s'en rendra compte d'ailleurs aisément d'après les indications suivantes :

La caractéristique des fours électriques est, entre autres choses, l'intensité extrême du travail auquel ils se prêtent. Dans des petits fours à carbure transformés, d'environ 100 kilowatts chacun, alimentés de minerais froids titrant 40 à 45 0/0, la production de zinc atteint près de 5 *kg* par kilowatt et par jour. Cela correspond à 1,8 *t* par an. Avec des fours semblables, mais convenablement construits, ayant notamment moins de pertes de chaleur et un moindre décalage du courant alternatif qui les alimente, il n'est pas douteux qu'on atteindrait 2 *t* de zinc par kilowatt et par an. Dans des fours puissants, à déperditions faibles, chargés de matières chaudes, j'estime que la production doit pouvoir se doubler.

Mais tenons-nous-en à 2 *t*. C'est déjà très suffisant pour rendre singulièrement économique le chauffage électrique, en payant le courant aux prix que comportent les forces hydrauliques ou les gaz de hauts fourneaux = environ 50 *f* le cheval-an continu.

Comme pour le chauffage, la main-d'œuvre au four électrique donne lieu à économies. Dans une batterie de fours bien installés, cette main-d'œuvre ne doit pas excéder 4 journées d'hommes par tonne de zinc produit. C'est moins que n'en exige le service des fours actuels, et de plus il n'est pas besoin d'ouvriers spéciaux de métier, de sorte que leur travail est moins cher.

La dépense d'électrodes est, il est vrai, un facteur nouveau à la charge du travail électrique. Mais cette dépense est faible, car les électrodes peuvent être usées à fond, malgré la forme creuse et close des fours. Elle équivaut, à peu près, à la consommation des matières réfractaires dans les usines actuelles, et elle se balance par conséquent avec cette dernière.

L'entretien des fours électriques représente une dépense minime, ce qui se comprend, puisque leurs parois ne sont pas intéressées au chauffage, et que le travail intérieur se développe au sein de la matière elle-même, et non dans une enceinte réfractaire agissante. Il résulte de là un nouvel élément d'économie.

Enfin, les charges de capital d'une usine électrométallurgique ne sauraient être bien lourdes. Les frais d'installation d'un atelier à zinc ne dépassent pas ceux d'un atelier de même puissance à carbure de calcium. C'est dire qu'ils sont peu de chose.

Il est impossible de méconnaître, d'après ces indications générales, que le prix de revient du zinc, dans une usine électrique bien montée et géographiquement bien située, doit ressortir à un taux fort inférieur à celui des usines actuelles.

Ajoutons que les avantages ci-dessus ne sont pas nécessairement dépendants d'une puissante exploitation. Ils se réalisent fort bien dans des installations de petite importance : 500 à 1 000 *ch* y suffisent. Et même n'est-il pas nécessaire que la puissance soit constante, car les fours à zinc ont beaucoup d'élasticité d'allure.

Il résulte à mes yeux, de tout cela, que les procédés d'électrométallurgie du zinc, dont je viens de faire l'exposé, paraissent appelés à ne pas tomber dans l'oubli comme leurs devanciers ; et bien qu'il soit difficile d'émettre des prévisions à ce sujet, il semble qu'ils doivent avoir pour effet de décentraliser la métallurgie du zinc et de la rapprocher intimement des régions minières.

Là se bornent mes supputations actuelles d'avenir.

L'expérience en décidera.

Blanc de zinc.

En ce moment, l'application de mes procédés se fait, comme je l'ai dit plus haut, dans les usines à carbure de Crampagna (Ariège).

Le prix de vente de l'unité de zinc étant meilleur sous forme de blanc de zinc que de lingots, c'est à la fabrication de cette matière colorante que Crampagna s'est attaché.

Elle arrive, d'ailleurs, à son heure, car la proscription de la céruse vient d'être votée le 30 juin dernier par la Chambre des Députés, et l'on ne connaît pas de meilleur remplaçant à la céruse que le blanc de zinc.

Pareillement arrive donc à son heure l'exposé que je vais faire de cette fabrication spéciale par mes procédés.

*
* *

Rien ne différencie un four électrique à blanc de zinc d'un four à zinc métal ; mais ici la distillation totale est de rigueur et les gaz et vapeurs sont allumés à l'air au sortir du four, au lieu d'être condensés.

Comme le blanc de zinc est un produit qui doit être obtenu

aussi pur que possible, il importe de donner des soins spéciaux à l'alimentation du four et à la conduite du travail. On choisit avec soin les minerais appropriés; on règle le lit de fusion pour obtenir des scories épurantes; et le four est mené sans excès de voltage, car il en résulterait des volatilisations parasites. Des piquages nombreux sont pratiqués pour assurer la descente régulière des charges et éviter des localisations de températures excessives. Des touches instantanées sont ménagées à la sortie des brûleurs pour s'assurer constamment de la qualité du produit obtenu. En un mot, on ne vise plus ici la simple distillation d'un tonnage déterminé de zinc, mais l'obtention des vapeurs dans les conditions de propreté et de régularité voulues.

Le travail de conduite des fours n'en devient pas délicat toutefois, mais il exige des soins.

La flamme donnée par les gaz et vapeurs sortant du four est très abondante. Dans les petits fours de moins de 100 kilowatts, il n'est pas rare de lui voir prendre le développement du corps d'un homme. On pourrait craindre dans ces conditions que la combustion du zinc s'y fît incomplètement, ou donnât au blanc produit une forme physique non marchande. Il n'en est heureusement rien.

La combustion du zinc se fait complètement, parce que l'oxyde de carbone accompagnant les vapeurs de zinc brûle en CO^2, et que le zinc est oxydé par CO^2.

Les fumées de blanc de zinc, une fois produites, sont envoyées dans une chambre de brassage, où s'achève l'oxydation. Puis elles s'engagent dans des tuyaux brisés en tôlerie où elles se refroidissent en déposant le moins possible, et après, dans des chambres de dépôt, où elles abandonnent la presque totalité du blanc.

A la sortie de ces chambres, un ventilateur les aspire et les envoie sous la pression voulue dans des manches en tissu filtrant où elles abandonnent les dernières traces de blanc. Pratiquement, avec une bonne installation, la perte est ainsi nulle.

Le blanc de zinc que donne cette méthode de fabrication est sensiblement plus fin que celui résultant de la distillation du métal. Cette ténuité est due sans doute à la dilution des vapeurs de Zn dans le CO. Cette finesse et d'autres particularités lui procurent une qualité supérieure au point de vue de ses usages

en peinture : il couvre davantage, il est plus siccatif, et son broyage exige plutôt moins d'huile.

Mais il est moins pur, naturellement, au point de vue chimique, que le blanc préparé en se servant de zinc métallique, déjà épuré. On peut chiffrer à 5 0/0 environ ses impuretés, formées comme celles précitées de la poussière métallique de zinc, c'est-à-dire de quelques millièmes de silice, d'alumine, de chaux, etc., etc., et du peu de plomb (moins de 1 0/0 en général) qu'on ne peut éviter de rencontrer, sauf exceptions, dans les minerais même les plus purs, comme le sont les blendes bien lavées et grillées.

La pureté chimique du blanc est-elle utile? Nullement. Les fabricants de blanc de zinc pur reconnaissent eux-mêmes qu'ils font ainsi un produit de luxe et non pas un produit de grand usage, susceptible de remplacer économiquement la céruse.

C'est ainsi, d'ailleurs, que la question a été déjà expérimentalement tranchée à l'étranger par le succès des fabriques de blanc de zinc Wetherill et similaires, où l'on emploie comme matière première, non du métal, mais du minerai de zinc, qu'on mélange avec de l'anthracite et qu'on charge, soit sur une grille soufflée, soit en four à cuve. Il s'en dégage un mélange de vapeurs de zinc et de zinc, plus ou moins oxydé peu importe, avec tous les gaz résultant de la réduction des minerais et de la combustion de l'anthracite de chauffage. On termine la combustion du zinc, et la masse des gaz et fumées est envoyée dans de vastes chambres de dépôt, terminées par des surfaces filtrantes, développées en proportion du grand volume des gaz résiduels. Le blanc de zinc ainsi obtenu n'est pas chimiquement plus pur que le blanc électrique. Ce sont deux produits similaires, mais l'usage en a consacré l'emploi et, aujourd'hui, il tend à se développer de plus en plus. Il y a une telle différence, en effet, entre le cours du zinc à l'état métallique tel que l'emploient les anciennes usines, et le prix du zinc à l'état de minerai, qu'un énorme écart est possible entre le prix de vente du blanc pur et celui du blanc brut, et que le premier ne saurait subsister longtemps, sauf à titre de produit de luxe.

La question qui se pose est dès lors celle-ci :

La fabrication du blanc de zinc brut par l'électricité est-elle plus économique que celle par les procédés au minerai dont je viens de parler?

Pour tracer une réponse, il faut tenir compte d'un élément spécial que voici :

Les fabriques de blanc de zinc brut, par les procédés genre Wetherill, sont nécessairement de grandes usines, tandis que les fabriques électriques peuvent s'établir sur des bases très restreintes et avec des frais d'établissement minimes. Avec une petite force de 500 à 1 000 *ch*, comme il en abonde de tous côtés en France, on peut créer une fabrique d'environ 1 000 à 1 500 *t* de blanc de zinc, ce qui est déjà un chiffre élevé et susceptible de satisfaire aux besoins d'une région. Cette fabrique électrique, assujettie à s'installer à côté d'une force hydraulique par exemple, aura, il est vrai, à supporter peut-être des frais plus élevés qu'ailleurs pour ses approvisionnement de minerais mais les tarifs de transports de minerais sont bas, tandis que ceux du blanc de zinc sont chers. Et précisément sa position au centre de la consommation qu'elle tend à desservir, lui constituera, par cette raison des transports du produit fabriqué, un avantage local protecteur.

A supposer donc qu'à l'usine, le procédé électrique soit de même prix de revient que les procédés étrangers précités, sa faculté d'installation à portée de la consommation lui laisserait un avantage marqué, d'autant que, le plus fréquemment, les commandes de matières colorantes se reçoivent par petites quantités, et exigent, par conséquent, des frais de transport très lourds, ou bien la constitution onéreuse de dépôts.

Telle est, notamment, l'une des raisons qui a motivé l'installation de cette industrie à Crampagna dans la pensée de desservir avantageusement la région du Sud-Ouest

Telle est celle qui justifierait pareillement son installation dans d'autres régions.

***

Quel que soit, d'ailleurs, le sort que l'avenir réserve à la réalisation de ces vues, il ressort de ce qui précède que l'électrométallurgie du zinc permet de réaliser techniquement, d'une manière satisfaisante, la fabrication du blanc de zinc.

C'est tout au moins un pas en avant dans le progrès incessant des industries électriques.

CHRONIQUE

N° 283

Sommaire. — Emploi des réchauffeurs intermédiaires dans les machines compound. — Grands navires pour transports spéciaux. — Essieux creux fabriqués à la presse hydraulique. — La température du sol dans les mines profondes. — Indemnités exagérées pour les accidents de chemins de fer. — Les charbonnages de l'Oural.

Emploi des réchauffeurs intermédiaires dans les machines compound. — M. Georges H. Barrus a fait, ces jours-ci, à l'Association des Manufacturiers en coton de la Nouvelle Angleterre une communication très claire et pas trop technique sur le rôle des réchauffeurs intermédiaires dans les machines compound. Nous en donnons ici un résumé d'après l'*Engineering Record*.

L'auteur base ses explications sur des expériences faites par lui-même. Il rappelle d'abord que, dans les machines compound, la condensation par les parois ne se divise généralement pas également entre les deux cylindres ; elle est presque toujours plus grande dans le cylindre à basse pression que dans le cylindre à haute pression. L'importance de la perte et sa répartition sont mises en évidence par des essais faits par M. Barrus lui-même sur des machines compound Corliss dont les pistons et distributeurs avaient été préalablement reconnus étanches. Dans ces essais, on a exprimé les pertes en pour cent de la consommation d'eau d'alimentation et la vapeur présente aux cylindres a été mesurée à un point de diagramme d'indicateur placé un peu après le point de fermeture de l'admission. On a trouvé, au cylindre à haute pression, une différence de 21,1 à 28,3 0/0 et, au cylindre à basse pression, une de 23,7 à 40 0/0 ; les moyennes sont respectivement de 23,8 et de 31,4.

Le fait que les pertes provenant de la condensation sont incontestablement plus grandes dans le cylindre à bassse pression que dans le cylindre à haute pression, et, comme on vient de le voir, dans un rapport de 31,5 à 24, soit de 1,33 à 1, semble justifier de prime abord l'emploi de quelque moyen pour remédier à cette condensation exagérée, par exemple celui du réchauffage de la vapeur pendant son passage d'un cylindre à l'autre. Ce réchauffage a pour effet do vaporiser l'eau contenue dans la vapeur et, si la surface du réchauffeur est suffisamment grande, de donner une légère surchauffe à cette vapeur. On obtient ainsi un double résultat ; d'abord on accroit le travail produit par le premier cylindre qui reçoit plus de vapeur qu'avant et ensuite la vapeur y agit d'une manière plus efficace par ce qu'elle est relativement sèche, ce qui diminue la condensation initiale. Les essais faits par M. Barrus sur trois machines différentes montrent très clairement ce mode d'action. Sur chacune on a opéré successivement avec le réchauffeur fonctionnant et sans réchauffeur, les dispositions des appareils permettant de séparer à volonté celui-ci.

La première machine était une machine compound horizontale de Green à deux cylindres actionnant des manivelles à 90 degrés, ce que les Américains désignent sous l'expression de *cross compound*. Les cylindres étaient sans enveloppes avec les diamètres de 0,65 et 1,25 *m*, et 1,50 *m* de course. La vapeur était légèrement surchauffée, étant fournie par des chaudières Manning, La pompe à air était mue par un moteur indépendant ; on mesurait et on défalquait de la consommation totale la vapeur dépensée par ce moteur.

Les résultats des deux essais comparatifs ont montré une concordance assez complète entre la quantité d'eau d'alimentation par cheval indiqué et par heure, avec et sans l'emploi de réchauffeur. Ce fait singulier s'est produit bien que l'emploi du réchauffeur eût amené une amélioration très marquée de l'effet de la vapeur entre les deux cylindres. On a pu voir que le rechauffage réduisait la condensation au grand cylindre, produisant ainsi l'effet recherché. Ainsi, avec le réchauffage, la condensation ne dépassait que de 4,4 0/0 la condensation au premier cylindre. Lorsqu'au contraire on ne se servait pas du réchauffeur, la différence montait à 10,6 0/0. Mais, malgré cette amélioration, la perte par condensation dans le réchauffeur et son tuyautage était assez grande pour annihiler complètement l'économie obtenue sur le grand cylindre.

L'effet du réchauffage pour augmenter le travail réalisé dans le grand cylindre est plus évident. Avec le même travail, au cylindre à haute pression, dans les deux cas (à 2,1 *ch* près), le travail du cylindre à basse pression a été de 35,5 *ch* moindre sans réchauffage qu'avec réchauffage.

La seconde machine était une Corliss compound horizontale avec cylindre sans enveloppe de 0,45 et 1 *m* de diamètre et 1,20 *m* de course. La vapeur était fournie par des chaudières verticales du type Cahall. Le réchauffeur avait une surface de chauffe de 7 m^2 environ. Le condenseur était du modèle à siphon, on n'employait pas de vapeur pour son fonctionnement.

Les résultats des essais ont fait voir que la dépense d'eau d'alimentation était presque exactement la même avec ou sans réchauffage intermédiaire. On a observé toutefois une différence notable d'effet par rapport à la première expérience. La condensation au grand cylindre était, avec l'emploi du réchauffeur, de 1,3 0/0 plus faible qu'au petit cylindre, tandis que, sans réchauffage, elle était de 9,2 0/0 plus grande qu'au premier cylindre, ce qui fait, entre les deux cas, une différence de 10,5 0/0. De plus, avec le réchauffage, le cylindre à basse pression développait 58,7 *ch* de plus que le cylindre à haute pression, tandis que, sans réchauffage, il produisait 19,7 *ch* de moins, soit une différence de 78,4 *ch* dus à l'emploi du réchauffeur.

La troisième machine était une cross-compound horizontale Corliss avec cylindres à enveloppes de vapeur de 0,40 et 1 *m* de diamètre et 1,20 *m* de course, construite par la Compagnie C. et G. Cooper. La vapeur était fournie avec une légère surchauffe par des chaudières Manning. La pompe à air était à moteur indépendant alimenté par une chaudière spéciale. Le cylindre à haute pression avait son pourtour et ses fonds enveloppés de vapeur, tandis que le cylindre à basse pression n'avait d'enveloppes qu'à ses fonds. Dans les deux essais on n'a pas en-

voyé de vapeur dans les enveloppes, de sorte que la machine fonctionnait comme si les enveloppes n'existaient pas. La surface de chauffe du réchauffeur était de 51 m^2.

On a encore ici constaté des consommations d'eau d'alimentation par cheval indiqué et par heure, sensiblement les mêmes avec et sans l'emploi du réchauffeur. On a également constaté le même effet que précédemment, quant à la réduction de la condensation au grand cylindre et à l'augmentation de travail de celui-ci, mais dans le cas actuel, ces effets ont été encore plus marqués. Ainsi la difference entre la condensation dans les deux cylindres avec le réchauffeur en fonctionnement a été de 1,2 0/0 moindre au second cylindre qu'au premier, tandis qu'avec le réchauffeur elle était de 17,1 0/0 plus grande, ce qui donne une différence totale entre les deux essais de 18,3 0/0. Il y a là un effet très avantageux, mais malheureusement la quantité de vapeur absorbée par le réchauffage reste telle que l'économie finale a été nulle. On doit remarquer que, dans cette machine, les dimensions du réchauffeur étaient telles que la vapeur entrant au grand cylindre se trouvait surchauffée de près de 20° C., mais cette condition très favorable n'a pas eu pour effet de produire une réduction de la dépense de vapeur. L'effet sur la quantité de travail produit dans le cylindre à basse pression n'a pas été moins marqué. Avec le réchauffeur, ce cylindre développait 18,7 *ch* de plus que le cylindre à haute pression, et, sans le réchauffeur, 40 *ch* de moins que l'autre cylindre, différence totale entre les deux essais, 58,7 *ch*.

Ces trois expériences montrent toutes le même effet pour le réchauffage sur la condensation aux cylindres. Cette réduction est considérable au grand cylindre, mais son action est contre-balancée par la dépense de vapeur dans le réchauffeur, et le résultat économique est nul. Ce n'est toutefois exact que si l'eau de condensation provenant du réchauffeur est inutilisée. Ainsi, dans la première machine il y a eu 4 0/0 de vapeur condensée au réchauffeur, dans le seconde 8,7, et, dans la troisième, 10,3 0/0. La température de cette eau est, avec les pressions élevées employées, de 150 à 160° C. Si on admet que la température de l'eau d'alimentation à l'entrée de la chaudière est de 50 degrés, on perd une quantité de charbon correspondant à 100 ou 110 degrés. Dans le cas de la troisième machine, où la condensation s'est élevée à 10 0/0, la perte s'élève à 2 0/0 de la quantite de chaleur totale dépensée. On peut en conclure que si l'emploi du réchauffage ne produit pas, en réalité, d'économie de vapeur, il peut, pratiquement, amener une légère économie de combustible.

En dehors de cette considération, il y a la question importante de l'augmentation de puissance du moteur, amenée par l'emploi du réchauffage. On a toujours trouvé, dans les expériences susmentionnées, une augmentation du travail du cylindre à basse pression et, par conséquent, un accroissement du travail total développé. Cet accroissement a été de 4,6 pour la première machine, de 6,3 pour la seconde, et de 11,8 0/0 pour la troisième. Cela veut dire qu'une machine sans rechauffeur intermédiaire doit avoir de plus grands cylindres qu'une machine à réchauffeur pour faire le même travail, ou que si les cylindres ont

les mêmes dimensions, la machine à réchauffeur aura plus de marge de puissance que l'autre. Ce fait justifierait l'emploi du réchauffage lors même que celui-ci ne présenterait pas d'autre avantage.

Nous croyons devoir rappeler que nous avons déjà traité la question du réchauffage intermédiaire dans la chronique de juillet 1900, page 98.

Grands navires pour transports spéciaux. — Le plus grand navire pour le transport du pétrole en vrac, existant actuellement, est le *Narragansett*, construit récemment à Greenock, par MM. Scott et Cie, pour le compte de l'Anglo-American Oil Company. Ce navire a fait ses essais le 5 mai dernier et va entrer prochainement en service.

La coque a 162 *m* de longueur, 19,37 *m* de largeur et 12,87 *m* de creux. Le déplacement en charge atteint 21 000 *tx* et le port en lourd 12 500. Le navire peut en effet charger 11 000 *t* d'huile en vrac, plus 1 500 d'huile ou de charbon. Il y a 16 réservoirs, tous placés au-dessous du pont principal, 8 à l'avant et 8 à l'arrière du compartiment de l'appareil moteur ; celui-ci, n'est pas placé à l'arrière comme dans la plupart des porteurs de pétrole, mais au milieu, ce qui entraîne la coûteuse installation d'un tunnel traversant les réservoirs de l'arrière pour le passage de l'arbre de l'hélice. Il y a une cloison longitudinale traversant tous les compartiments et 18 cloisons transversales séparant les réservoirs les uns des autres ; les cloisons à l'avant et à l'arrière du compartiment des machines sont doubles avec l'intervalle rempli d'eau pour empêcher le passage de l'huile à la chambre des moteurs. Les soutes à combustible et les water-ballast ont leurs parois étanches à l'huile, pour le cas où on voudrait, plus tard, se servir de combustible liquide.

Il y a deux chambres de pompes, une au milieu du groupe de réservoirs avant, et une au milieu du groupe arrière. Chacune contient deux jeux de pompes du type Snow, capable de débiter 900 *t* de pétrole à l'heure, c'est-à-dire la cargaison entière en douze heures. Il y a un tuyautage très complet pour desservir ces pompes, et un tuyautage à vapeur pour le cas d'incendie, de même qu'un système de ventilation pour enlever les gaz des réservoirs. On a prévu le cas où le navire serait appelé à transporter des marchandises ordinaires dans les cales à pétrole, de même que certains espaces ont été ménagés entre les ponts pour recevoir des marchandises, même dans le cas où le navire serait chargé de pétrole. Ces espaces étant éclairés par des jours ménagés dans les parois du navire, on peut les affecter au transport du bétail et au besoin des troupes.

Les marchandises ordinaires sont manutentionnées par neuf treuils à vapeur et seize mâts de chargement ou derricks. Bien que le navire soit principalement destiné au trafic de l'Atlantique, on a prévu le cas de la navigation dans les mers d'Orient. Enfin, on a établi des aménagements très confortables disposés de chaque côté du compartiment des machines pour les officiers et même pour un petit nombre de passagers.

L'appareil moteur du *Narragansett* consiste en une machine à triple expansion, développant 5 500 *ch* indiqués ; les trois cylindres ont respectivement 0,788, 1,295 et 1,981 *m* de diamètre avec 1,525 *m* de course commune. Ces cylindres sont portés sur six bâtis se rattachant à un

condenseur à surface cylindrique à enveloppe en tôle d'acier. La circulation s'opère par une pompe centrifuge de 0,45 *m* de diamètre, actionnée par deux machines indépendantes. Les appareils auxiliaires comprennent deux jeux de pompes alimentaires à faibles vitesses, des réchauffeurs et réparateurs d'eau, filtres et monte-escarbilles silencieux du type Crompton. Les moteurs de ces divers appareils évacuent dans un condenseur auxiliaire combiné avec un réchauffeur d'alimentation.

La vapeur est fournie à la pression de 14 *kg* par six chaudières à simple façade et deux foyers chacune, placées par moitié dans deux chaufferies et marchant au tirage naturel. La cheminée unique a 4,57 *m* de diamètre et 30,50 *m* de hauteur au-dessus des grilles. L'électricité est employée pour l'éclairage et les appareils producteurs sont dans la chambre des machines sous l'œil du personnel.

Toutes les installations, dans la partie mécanique, sont extrêmement soignées. Les arbres, notamment, dépassent les prescriptions du Lloyd; l'hélice de 6,10 *m* de diamètre a quatre ailes en bronze rapportées. L'accès au tunnel de l'arbre est assuré par deux puits débouchant sur le pont, un à l'avant, l'autre à l'arrière du tunnel.

Le navire est muni d'un puissant appareil à gouverner, pouvant fonctionner à bras et au moteur, du système Bird, Mc Lachlan et C^ie^, placé dans une chambre au-dessus du gouvernail et contrôlé par un appareil de manœuvre à bras, disposé sur la passerelle au milieu du navire.

La Compagnie à laquelle appartient le *Narragansett* possède quatorze vapeurs à réservoirs pour le transport du pétrole et dix-sept grands navires à voiles pour le même service.

Un autre navire également intéressant est le *Grangesberg*, récemment construit sur la Wear pour le transport du minerai de fer entre la Baltique et Rotterdam.

Ce navire a 131 *m* de longueur, 18,90 de largeur et 8,85 *m* de creux. Avec un chargement de 10 300 *t*, il tire 6,90 *m* d'eau. Avec des moyens ordinaires de manutention, il faudrait quinze jours pour opérer le déchargement. Avec l'installation du *Grangesberg* trente heures suffisent.

Le navire porte quatorze mâts, disposés en deux files de chaque côté des panneaux. A chacun de ces mâts, à l'exception des paires extrêmes, sont fixées deux volées de grues, soit vingt-quatre en tout. Il n'y a pas de pont intermédiaire, les cales sont au nombre de douze, chacune divisée en deux par une cloison longitudinale. On voit que deux grues desservent ainsi chaque cale. Les machines développent 2 200 *ch* indiqués et donnent au navire une vitesse de 10 1/2 milles à l'heure.

L'emploi de navires de ce genre est peut-être appelé à produire une révolution dans le transport des minerais, parce que la réduction au cinquième de temps nécessaire pour le déchargement équivaut à une utilisation cinq fois plus grande et amène une diminution très sensible du prix du transport du minerai de fer.

Essieux creux fabriqués à la presse hydraulique. — Jusqu'ici les essieux pour chemin de fer ont été forgés au marteau, et les plus grands soins sont nécessaires pour obtenir des produits qui

puissent supporter les conditions très sévères des essais de réception. On a également employé la presse à forger et on en a obtenu de bons résultats.

Tout dernièrement, en vue d'augmenter la qualité des essieux et d'accroître la production, M. Camille Mercader a proposé un nouveau procédé de fabrication à la presse, ce procédé a été mis en pratique aux aciéries de Homestead, à Pittsburg, et son auteur en a donné la description dans une communication faite par lui devant l'Iron and Steel Institute. Nous donnons ici le résumé de cette communication d'après l'*Engineering Magazine*.

Le procédé Mercader est très simple, mais d'une grande hardiesse, et le succès y dépend presque entièrement de la puissance et de la perfection du matériel employé; une grande partie de la communication a trait à la description de ce matériel.

Un cylindre d'acier laminé, chauffé d'une manière uniforme, est placé dans une matrice en deux morceaux, dont l'intérieur affecte la forme de l'essieu fini. Le diamètre des fusées est fait égal à celui de l'essieu à son milieu et correspond au diamètre de la barre ronde qui sert de point de départ. Après qu'on a serré les deux moitiés de la matrice, on perce simultanément des deux côtés la pièce d'acier au moyen de poinçons qui refoulent le métal contre la paroi interne de la matrice. Le métal est chauffé à 1 000° C. environ et la pression exercée sur les poinçons de 75 *mm* de diamètre est de 50 *t*. A la fin de l'opération, la pression doit s'élever à près de 150 *t*, parce que le métal se refroidit au contact de la matrice et aussi parce qu'il faut pouvoir façonner les extrémités des fusées, ce qui exige un refoulement du métal dans une direction opposée au mouvement du poinçon.

Cette pression paraît faible, si on considère le diamètre du poinçon et sa longueur, et les personnes qui sont au courant de ce genre de travail admettront que le poinçon ne pénétrera dans le métal qu'à la condition que celui-ci puisse s'écouler dans le sens du déplacement du poinçon. Cette condition se trouve remplie par la présence des vides annulaires entre la pièce d'acier et la paroi de la matrice, qui permet au métal de s'écouler radialement dans le sens de la moindre résistance. Le seul endroit dans lequel le métal doit rebrousser en sens inverse de la marche du poinçon est à l'extrémité de la course de celui-ci.

Pour que l'acier puisse s'écouler pour ainsi sous la pression des poinçons, il faut que la température soit suffisamment élevée; autrement la résistance à la pénétration serait excessive.

L'expérience acquise à Homestead a indiqué que la température ne doit pas être inférieure à 830 degrés, mais qu'à celle de 1 050 degrés l'opération est exécutée avec la plus grande facilité avec une pression de 150 *t*.

Au cours d'une série d'essais qui ont conduit à la mise en pratique du procédé dont nous nous occupons, on a constaté un certain nombre de faits très intéressants. Il est indispensable que la pièce d'acier brut soit parfaitement droite quand on la place dans la matrice, parce qu'autrement les poinçons se courberaient. Aussi fait-on passer ces pièces dans une machine qui les redresse à leur sortie du four et avant leur entrée dans l'appareil. Cette machine se compose d'une paire de rouleaux

disposés de manière à donner à la barre ronde un mouvement de rotation en même temps qu'un mouvement de déplacement longitudinal; en sortant de cette machine, la barre est non seulement droite, mais encore propre et lisse, l'oxyde ayant été enlevé dans le passage entre les cylindres.

On a fait de nombreux essais avant de trouver une matière convenable pour les poinçons. On s'est servi d'abord de tiges d'acier creuses avec circulation d'eau à l'intérieur, mais sans grand succès. Des poinçons en acier fondu au creuset ont été employés, mais l'extrémité se soudait au métal de l'essieu et, lorsqu'on le retirait, il était couvert d'acier et déformé au point de ne pas pouvoir servir une seconde fois. Enfin, on a réussi en employant des poinçons faits d'acier Bessemer à une haute teneur en carbone recouvert d'un chapeau en acier forgé. Ce chapeau a un diamètre légèrement supérieur à celui du poinçon, de sorte qu'il protège celui-ci et s'il vient à se couder au métal de l'essieu, cela n'empêche pas de pouvoir retirer le poinçon. Les matrices sont en fonte et sont à circulation d'eau; on en a obtenu de bons résultats; il est possible qu'on puisse, plus tard, les faire en acier coulé.

Avec l'installation d'essai faite à Homestead, il faut deux minutes au plus pour la fabrication d'un essieu. Si on compte, en outre, deux minutes pour le nettoyage de la matrice, le refroidissement du poinçon et la pose du chapeau, on voit qu'une presse peut faire quinze essieux à l'heure ou 300 par vingt heures, ce qui est le triple de ce qu'on peut faire au marteau-pilon dans les meilleures conditions de la pratique américaine actuelle. Le nombre d'hommes employés est le même que pour la fabrication ordinaire.

La nouvelle méthode présente de nombreux avantages sur l'ancienne. Ces avantages sont les suivants :

1° La forme de l'essieu est parfaite; elle est conçue de manière à présenter la plus grande résistance; il est possible, par la modification de la matrice, d'obtenir toute forme que l'expérience viendrait à faire considérer comme préférable;

2° Comme la pression agit sur le métal intérieurement et extérieurement, celui-ci est beaucoup plus homogène que dans des pièces forgées, les effets de ségrégation disparaissent entièrement;

3° L'essieu prenant la forme exacte de la matrice en sort parfaitement droit, et il n'est pas nécessaire de le redresser ultérieurement; les surfaces en sont lisses et il n'y a à tourner que les fusées et les portées des roues; il y a donc moins de travail de parachèvement;

4° Au point de vue du prix, comme on peut faire trois fois autant d'essieux avec la même main-d'œuvre, on peut augmenter considérablement la production d'un atelier existant par la substitution de la nouvelle méthode à l'ancienne.

Le poids d'un wagon de 45 *t* de capacité se trouve réduit de 1,7 0/0 par l'emploi des essieux creux, ce qui fait 11 000 *kg* de diminution pour un train de quarante wagons, il en résulte une économie correspondante dans le travail de traction, ou on peut utiliser ce poids pour d'autres usages.

M. Mercader donne, dans son mémoire, des détails sur les essais des

essieux creux, essais qui ont fait voir leur qualité supérieure. Il donne aussi des figures de surfaces montrant l'homogénéité parfaite du métal.

Ce mode de fabrication est un exemple remarquable des transformations qui se produisent actuellement dans les procédés manufacturiers. L'emploi de machines d'une puissance extraordinaire a pour conséquence la production d'articles de qualité supérieure à un prix des deux tiers moins élevé, et l'utilisation plus considérable dans la même proportion d'un atelier de fabrication.

La température dans les mines profondes. — Nous donnons ici, d'après l'*Iron and Coal Trades Review*, le résumé d'un intéressant mémoire lu le 6 août dernier, par M. F. C. Meachem, à la réunion de l'Institut des Ingénieurs des mines du South Staffordshire, sur l'importante question de la température souterraine à de grandes profondeurs.

M. Meachem fait observer d'abord que la variation de température due aux saisons ne se fait sentir qu'à d'assez faibles profondeurs. Dans les régions tropicales, à Java, par exemple, ce n'est que sur quelques mètres. En Sibérie, le sol est gelé jusqu'à une profondeur de 78 *m*, mais la température varie très peu d'une partie de l'année à l'autre. Lorsqu'on trouve le sol gelé à ces profondeurs, on doit admettre qu'il y a au-dessous de ce sol des roches de très faible conductivité sur une forte épaisseur. Le seul moyen que nous possédions de reconnaître la température des couches de l'écorce terrestre étant d'y pratiquer des trous de sonde et d'y placer des thermomètres, il faut de très grandes précautions pour obtenir la température moyenne annuelle d'un endroit.

On admet généralement qu'à une profondeur de 65 pieds la température augmente de 1 degré Fahrenheit pour chaque 60 pieds de profondeur, ce qui donne, en mesures métriques, 1° C. pour 33 *m*. Il est intéressant de constater les différences données dans les rapports de l'Association britannique. Ces observations ont été faites avec des instruments de précision bien tarés et munis d'index pour les maxima et les minima. Chaque thermomètre était placé dans un trou de sonde percé à 10 *m* de profondeur, et muni d'un bouchon de bois luté ; l'appareil était laissé pendant des espaces de temps variant de un à trois mois. La moyenne des résultats obtenus est de 1° C. pour 35,2 *m*. Depuis cette époque, il a été fait de nombreuses observations dont voici les résultats :

	Profondeur.	1° C pour :
Calumet et Hecla (Lac Supérieur)	1 397 *m*	123 *m*
Sondage de Rand Victoria	762	45,1
Sondage de Port-Jackson (Nouvelle Galles du Sud)	893	44
Puits de Wheeling (Virginie)	1 361	39,4
Mine de Dolcoath (Cornouailles)	648	38,5
Sondage de Schladebach (Prusse)	1 749	46,7
Sondage de Baraschowitz (Haute-Silésie) .	2 005	34,1
Comstock Lode (Nevada)	680	18,

La plus haute température de la roche constatée à une profondeur de 1 397 *m* est de 26° C., tandis qu'à la profondeur de 92 *m* la plus haute température est de 15 degrés. La différence de température dans une colonne de rocher de 1 397 — 92 = 1 305 *m* est donc de 11 degrés, ce qui fait un degré pour 119 *m*.

La température moyenne pour l'année à la Mine de Calumet et Hecla est de 8° 9, et celle de l'air au fond du puits de 22 degrés.

Les observations faites avec grand soin par M. H. A. Wheeler dans d'autres mines du district du Lac Supérieur, en 1896, ont donné les résultats suivants qui diffèrent beaucoup de ceux de la mine de Calumet et Hecla :

	Profondeur.	1° C. pour :
Mine Atlantic	277 *m*	54,7 *m*
Mine Central	595	55,5
Mine Conglomerate	188	52,2
Mine Osceola	304	42,1
Mine Tamarack	683	60,9
Mine Quinsey	589	67,6

La moyenne de l'accroissement est de 55° 4. On voit que les variations d'une mine à l'autre sont considérables. Les mines les plus rapprochées du Lac Supérieur montrent les plus faibles accroissements, et les plus éloignées les plus forts.

Le sondage le plus profond, fait avant 1896, était celui fait par le Gouvernement prussien, dans la Silésie, et dont la profondeur atteignait 2 005 *m*. Un dégré centigrade d'accroissement de température correspondait à 34,15 *m* de profondeur. Au sondage de Schladebach, en Prusse, on a fait 387 relevés de température à 56 points situés à des distances égales jusqu'à l'énorme profondeur de 1 749 *m*, ce qui donne une grande valeur aux résultats obtenus.

En possession des faits qui viennent d'être exposés, l'auteur a fait divers relevés de températures à la houillère de Homstead, près Birmingham, ces recherches ayant duré plusieurs années. Dans une première série d'essais faits à la surface du sol, il a trouvé que la température moyenne annuelle était de 9,40° C. A l'arrivée d'air au fond du puits d'aérage, la température était beaucoup plus constante qu'à la surface. Pendant les longues gelées de janvier et février 1895, la température moyenne au fond du puits était de 10 degrés, alors qu'à la surface, elle n'était que de 7,5. La température la plus basse a été constatée, au fond du puits, le 8 février 1895. Avec une température à la surface de — 15 degrés, on avait, au fond, la température de + 6° 1.

Dans les temps chauds, la température est moindre au fond qu'à la surface. La température moyenne est de 15° 5, soit 5° 5 de plus qu'à la surface. En temps ordinaire, la différence est plus grande. On estime qu'avec le taux normal de ventilation, il faut trois minutes et demie pour faire passer l'air jusqu'au fond du puits et ce temps est suffisant pour que l'air se mette très sensiblement à la température des parois du puits. Il éprouve une certaine compression à mesure qu'il descend, ce qui produit une élévation de température qu'on peut sou

lever à 1° C. par 100 *m* de profondeur ; ainsi, dans un puits de 500 *m*, l'air aura au fond une température de 5 degrés supérieure à celle de la surface. Ce raisonnement ne tient pas compte de la chaleur communiquée à l'air du puits par le contact des parois ; mais, si on considère que la descente de l'air dans le puits lui communique une proportion d'humidité qui amène un refroidissement, on trouve qu'il faut bien que le contact du sol ait communiqué une certaine quantité de chaleur, sans quoi l'air aurait éprouvé un refroidissement très appréciable.

La température des couches naturelles du sol au fond du puits a été trouvée de 18° 9. Elle a été constatée par un thermomètre à maxima et à minima protégé par un étui en métal et placé dans un trou de mine foré à 3 *m* de profondeur dans le charbon d'un front de taille. Le trou était fermé avec un bouchon d'argile et le thermomètre a été laissé pendant des durées de un à quatorze jours. Des essais répétés ont toujours donné le même résultat, toutes les observations montrant un accroissement de température dans les couches naturelles de terrain correspondant à 1° C pour chaque 60,5 *m* à partir d'une profondeur de 20 *m*.

Les faits ci-dessus mentionnés et le résumé des diverses expériences arrivées à la connaissance de l'auteur le conduisent aux conclusions suivantes :

Les observations remontant à plus de vingt ans indiquent un accroissement correspondant à 1 degré pour 35,2 *m*. Des essais faits récemment en Amérique, donnent 1 degré pour 55,5 *m*. Des relevés opérés dans le Midland et dans le South Staffordshire, de 1880 à 1900, indiquent 1 degré pour 60,5 *m*. On peut admettre en toute sécurité que la température moyenne de roches stratifiées est entre les deux valeurs extrêmes données par les observations de température. On s'explique difficilement les grandes variations observées. On les comprendra mieux en étudiant successivement les causes qui peuvent intervenir pour amener ces variations.

Causes de l'ordre chimique. Les causes qui rentrent dans cet ordre d'idées sont : la présence dans les terrains de pyrites de fer et de cuivre et l'imbibition d'eau ou la pénétration de l'oxygène atmosphérique dans des fissures. On sait que les pyrites se décomposent facilement par l'action de l'oxygène, avec développement de chaleur ; aussi, les roches contenant des pyrites indiquent-elles une température plus élevée que celles qui en sont exemptes. *(A suivre.)*

Indemnités exagérées pour les accidents de chemins de fer. — Nous croyons devoir reproduire, à titre de curiosité, l'article suivant du *Street Railway Journal*, de New-York.

Nous avons déjà fait plusieurs fois allusion aux sommes énormes payées par des Compagnies de chemins de fer pour dommages à des personnes et on sait que cette éventualité constitue une des charges les plus sérieuses qui pèsent sur les Compagnies de tramways urbains. Les chemins de fer déploient le plus grand soin dans le choix et la formation de leurs employés, mais, malgré toute la surveillance exercée, l'exploitation des grands réseaux de transport dépend de tant de facteurs humains que les accidents arrivent malgré tout et les tribunaux pro-

noncent la responsabilité des entreprises lorsque les accidents sont attribuables à la négligence des employés. Nous sommes loin de prétendre que dans ces cas des indemnités ne sont pas dues par les Compagnies aux personnes atteintes, mais nous croyons qu'au point de vue de l'équité, elles ne doivent pas être tenues à plus que leur part de responsabilité.

Deux cas récemment arrivés dans l'État de New-York vont nous servir à expliquer nos idées sur la question. La chambre d'appel de la Cour Suprême de New-York a dernièrement confirmé un jugement en 500 000 *f* de dommages et intérêts contre le New-York Central Railroad pour la mort d'une des victimes de l'accident du tunnel du 8 janvier 1902. Ce chiffre très élevé était justifié par le fait que le décédé était directeur d'un des plus grands magasins de New-York et gagnait 150 000 *f* par an. Dans le second cas, une Société de tramways urbains a été condamnée a payer 250 000 *f* pour un accident dont la victime, une musicienne, avait eu le pouce écrasé entre les deux battants de la porte d'une voiture de tramway à New-York. La plaignante exposait qu'elle avait consacré beaucoup de temps à apprendre à jouer de la harpe, qu'elle gagnait beaucoup d'argent avec son talent et que l'accident qu'elle avait éprouvé l'empêchait complètement de l'utiliser à l'avenir.

Les conséquences des accidents de chemins de fer sont assurément très regrettables, mais on doit reconnaître qu'il est toujours impossible de compenser entièrement les dommages éprouvés par les victimes avec de l'argent. Il y a peu de gens disposés à faire le sacrifice d'un de leurs membres contre une somme d'argent à recevoir d'une Compagnie de chemins de fer, fût-ce 10 000 ou même 50 000 *f* ou à se faire tuer pour que leurs héritiers tirassent 500 000 *f* de la Compagnie. Comme il est impossible d'indemniser complètement les victimes d'un accident de ce genre, il n'y a pas plus de raison de donner une grosse indemnité qu'une modérée. Les partisans de la loi actuelle répondent que, si on ne peut pas payer les souffrances endurées par les victimes, on leur doit tout au moins la compensation des pertes matérielles éprouvées par elles. Nous pensons que cette compensation ne peut guère être établie. La personne blessée dans un accident de chemin de fer aurait pu être le lendemain victime d'un accident d'un autre genre duquel personne n'aurait peut-être pu être rendu responsable.

On peut justifier, sous deux points de vue, une réduction des indemnités excessives actuellement accordées par les tribunaux. Le premier, est que les personnes dont la vie ou les membres ont une valeur plus qu'ordinaire pour elles-même ou pour leurs familles assument une partie de la responsabilité des accidents lorsqu'elles ont recours à certains modes de transport.

Un musicien, par exemple, dont le pouce représente une valeur de 150 000 ou 200 000 *f* peut être considéré, dans une certaine mesure, comme commettant une imprudence, s'il se confie à un tramway et, en cas d'accident, la Compagnie ne doit pas être tenue à payer ce pouce plus que le pouce d'un simple ouvrier. Pour citer un exemple analogue, on peut prendre le cas d'un homme qui porterait sous son bras dans une voiture de tramway un vase du Japon d'une valeur de 100 000 *f* et

qui, si ce vase était brisé dans un choc, en réclamerait le prix entier à la Compagnie. Les gens qui ne veulent point courir ces risques doivent choisir d'autres moyens de transport ou recourir à des assurances spéciales. En tout cas, les Compagnies ne devraient pas être obligées à subir la responsabilité entière des accidents.

Un autre point de vue qui justifie la réduction des indemnités est ce que nous avons déjà mentionné et qui est parfaitement soutenable. Les risques supplémentaires que le public court avec les moyens perfectionnés de transport, représentent une conséquence des avantages que lui procure à lui et à l'ensemble de la population d'une ville l'usage de ces moyens de transport. Un piéton ne peut raisonnablement s'attendre à courir aussi peu de danger d'être écrasé par un tramway en traversant Broadway qu'en se promenant dans les forêts du Maine; de même si les gens trouvent bon de voyager à la vitesse de 90 *km* à l'heure sur un chemin de fer, ils ne peuvent s'attendre à la même sécurité que s'ils voyageaient en Chine dans une brouette trainée par un homme et parcourant 6 à 8 *km* à l'heure. Une erreur d'appréciation qui, dans le premier cas, peut aboutir à une catastrophe, n'aura aucune conséquence sérieuse dans le second. La vie dans les grandes agglomérations entraine des risques que ceux qui en recherchent les avantages doivent accepter, au moins pour une part. En somme, en habitant une grande ville et en voyageant à grande vitesse, ils acceptent par cela même, certains risques supplémentaires et ne doivent pas chercher à en éviter les conséquences dont l'une est l'obligation de subir une part de responsabilité dans les accidents résultant de ces conditions spéciales d'existence.

Les charbonnages de l'Oural. — Notre Collègue, M. L. Journolleau, a bien voulu nous adresser la note suivante :

Les usines métallurgiques de l'Oural marchent presque exclusivement au charbon de bois dont les prix suivent une progression croissante due à la dévastation de plus en plus grande des forêts situées à proximité des forges ouraliennes.

Ce fait explique la tendance que l'on a, en ces régions et dans certains cas, à substituer au combustible végétal le combustible minéral dont l'extraction augmente très sensiblement. Ce dernier provient du bassin houiller de Louniewka-Kizelowsk situé sur le versant ouest de l'Oural septentrional et dont les concessionnaires les plus importants sont : le prince Demidoff, la Société soudière Lioubimoff-Solvay et le prince Abamelek-Lazaroff.

Les houilles de Louniewka sont maigres, de médiocre qualité, à 25 0/0 de cendres. Leurs cokes sont difficilement utilisables au haut fourneau.

Il existe, en outre, sur le versant sibérien, un second bassin d'anthracite beaucoup moins important et surtout moins connu, celui de Egorchino, découvert il y a un quart de siècle.

A l'origine, les essais d'exploitation, par suite d'absence de voies de communication, n'ont pas été heureux; on trouvait au début des couches trop minces ou trop disloquées par des failles.

Depuis, l'attention s'est portée plus particulièrement sur ce bassin;

les travaux de M. Nestorowsky, Ingénieur au corps des Mines russes, ont démontré que ces insuccès devaient surtout être attribués à l'inexpérience des premiers exploitants.

Là encore, ce sont les usines Demidoff de Nijni-Taquilo, qui ont fait les plus importants efforts dus à l'initiative de leur Directeur-gérant, notre sympathique compatriote, M. Jaunez-Sponville, Ingénieur de l'École des Mines de Paris, établi depuis plus de quarante ans en Russie. L'extraction nouvelle dans leur concession dépasse 7 000 *t.*

D'autre part, les usines de Sisertsk ont pris à bail des terrains houillers appartenant aux paysans, moyennant une redevance de 1 cop. par poud soit 1,65 *f* la tonne de charbon extrait.

Enfin l'Ingénieur russe, M. Bebel, est arrivé a constituer une Société minière de l'Oural, qui exploite le charbonnage Clara dans la région sud du bassin à 30 verstes environ de la station Boydanowitch (ligne de Perm). Mieux situé au point de vue des voies de communication, on dit que son extraction a dépassé rapidement le chiffre de 18 000 *t.*

Il est question de relier par voie ferrée le bassin au réseau des chemins de fer de l'Empire et l'Ingénieur Savilieff aurait achevé les études préliminaires. Le coût actuel (80 *f* la tonne) de l'anthracite à Ekaterinbourg s'en trouverait très sensiblement réduit.

L'anthracite de Egorchino est plus friable que celui du Donetz; on sait que celui-ci, ajouté dans une certaine proportion au coke, est couramment employé par les usines Pastoukhoff dans leurs hauts fourneaux de Souline. Les métallurgistes de l'Oural ont tenté d'imiter leur concurrent de la Russie méridionale sans grand succès jusqu'à présent.

Avec la construction de nouvelles voies de communication dont le besoin impérieux se fait depuis longtemps sentir dans l'Oural, on compte que ces charbonnages prendront une certaine extension pour le plus grand bien des maîtres de forges ouraliens et la prospérité de cette industrie séculaire intimement liée dans l'histoire au développement de la civilisation occidentale en Russie.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JUIN 1903.

La radioscopie stéréoscopique, par M. P. VILLARD.

Cette communication a pour objet la production et l'utilisation pratique des rayons X, pour la première desquelles l'auteur a réalisé un appareil dont la partie essentiele est un transformateur à circuit magnétique fermé donnant, entre les bornes secondaires, 50 000 volts efficaces; ce qui permet d'obtenir une étincelle qui est une véritable flamme de la grosseur du doigt. Les décharges obtenues sont alternatives et on les redresse par l'usage d'un dispositif basé sur les propriétés des gaz raréfiés, ce que l'auteur appelle une soupape électrique. Le système est complété par un condensateur.

La solution dont il vient d'être question étant incomplète en ce qu'elle exige l'emploi de courants alternatifs et d'un appareil spécial, M. Villard explique qu'on peut obtenir également de bons résultats avec le matériel ordinaire des installations radioscopiques, moyennant quelques additions peu importantes. Quant aux applications il expose quelques considérations faisant ressortir les avantages que la stéréoscopie présente sur l'examen radioscopique simple, avantages qui ne pourront que s'accroitre à mesure que se perfectionneront les moyens de production des rayons X et qu'on pourra utiliser dans les ampoules des puissances électriques plus considérables.

Sur le rendement des foyers lumineux, par M. Charles HENRY.

L'auteur expose d'abord que les foyers lumineux transforment de l'énergie thermique en intensité lumineuse et que le rendement lumineux est le rapport entre l'énergie nécessaire à la transformation et l'intensité lumineuse. Il est intéressant, tant au point de vue théorique qu'au point de vue pratique de rechercher ce rendement.

On peut dire, d'une manière générale, que le rendement grandit quand l'intensité augmente, d'abord très vite, puis très lentement quand il s'agit de l'arc électrique, tandis qu'avec la lampe à pétrole, le rendement atteint très vite un maximum ; on doit en conclure qu'il y a une cause de déperdition pour cette source et, en général, pour les foyers lumineux à flamme. Or, cette cause est la perte de chaleur par convection.

L'auteur a cherché à remédier à cette perte en coiffant l'extrémité du bec rond par un anneau de cuivre émergeant de 4 *mm* environ au-dessus du bec. La base de la flamme est ainsi protégée contre le refroidisse-

ment et, en léchant la surface chaude de l'anneau, l'air s'échauffe ; la flamme devient plus incandescente, les vapeurs de pétrole sont mieux brûlées et on obtient une économie très sensible, qu'on peut évaluer à 25 à 40 0/0, suivant l'intensité du bec ; l'économie varie en raison inverse de la racine carrée de l'éclairage.

Expériences sur le travail des machines-outils, par M. Codron *(suite)*.

Dans cette partie, l'auteur s'occupe des efforts et énergies du forage et de leur rapport avec la nature des tranchants de l'outil, la facilité du dégagement des copeaux et divers autres facteurs.

La convention du mètre et le bureau international des poids et mesures, par M. Ch.-Ed. Guillaume *(suite)*.

Cette partie s'occupe de la conférence générale dont les attributions sont stipulées dans l'article 7 du règlement annexé à la Convention et sous l'autorité de laquelle est placé le Comité international des Poids et Mesures. Elle donne les résultats des diverses réunions de cette conférence et le texte des décisions prises par elle, ainsi que de ses actes administratifs les plus importants. On trouve à la suite de cet article, comme annexes, des documents d'un haut intérêt relatifs aux Poids et Mesures ; notamment un résumé des législations relatives à cette question pour un certain nombre de pays.

Sur la dilatation des aciers au carbone trempés, par MM. O. Charpy et L. Grenet.

Il s'agit de quelques légères modifications dans les conclusions données par les auteurs dans un précédent mémoire, relativement aux conditions dans lesquelles se produisent les contractions de recuit.

Programme des prix proposés par la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale **à décerner dans les années 1903 et suivantes.**

Notes de mécanique. — On trouve dans ces notes la description du noueur Colman pour l'exécution mécanique, régulière et rapide des nœuds rattachant les fils dans la filature, des notes sur les navires frigorifiques, sur le chargeur de haut fourneau Kennedy, sur le profilographe pour engrenages et sur les machines à vapeur rapides pour l'électricité.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

4e trimestre de 1902.

Les feux flottants : Le Sandettié, par M. Ribière, Ingénieur en chef du Service des Phares et Balises,

Après quelques observations générales sur les pontons des feux flot-

tants, la manière dont ils se comportent à la mer et les moyens qu'on pourrait employer pour assurer la stabilité des bateaux dans les mers les plus agitées, moyens dont le seul, réellement efficace, consiste à donner aux coques des dimensions suffisamment grandes, la note passe à la description du feu flottant *le Sandettié*, qui déplace 341 *tx*, avec une longueur de 35 *m*, une largeur de 6,24 *m* et un tirant d'eau de 4,60 *m*, y compris une quille saillante de 1 *m* de hauteur.

L'appareil d'éclairage est du système à incandescence par le gaz d'huile comprimé. Le gaz est contenu dans trois réservoirs d'une capacité totale de 17,8 m^3 qui, à la pression de 7 *kg*, suffisent pour l'alimentation du feu pendant un mois et demi d'hiver. Le gaz est conduit par un tuyau fixe jusqu'au sommet du mât et de là, par un tube flexible à l'appareil d'éclairage, suspendu à la manière d'un pendule, par une articulation à la Cardan, et, de plus, roulant sur des billes en acier.

Le bateau porte une machinerie comprenant deux chaudières à vapeur timbrées à 8,5 *kg* et deux moteurs à vapeur avec compresseurs d'air pour alimenter des signaux sonores. Le bateau a coûté 340 000 *f*, dont 200 000 pour la coque et l'armement, 40 000 pour les appareils optiques et d'éclairage, et 50 000 pour les appareils mécaniques.

Le pont de Gignac sur l'Hérault (1774-1810). — Notice historique, par M. DE DARTEIN, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Cet ouvrage, qui franchit l'Hérault entre les bourgs de Saint-André et de Gignac, a absorbé trente-six ans pour son exécution. La dépense, évaluée à 500 000 livres, s'est élevée à 1 million.

La note décrit l'ouvrage, son mode d'exécution et les entraves de diverses natures qui ont retardé son achèvement et augmenté dans une énorme proportion les dépenses d'établissement.

L'auteur rappelle, pour terminer, que chez les peuples primitifs, l'édification d'un grand pont exigeait une victime humaine sacrifiée à la divinité du fleuve. L'exemple du pont de Gignac montre que cet exemple s'est perpétué. Les victimes ont été les entrepreneurs; seulement, comme les mœurs se sont adoucies, au lieu d'immoler les entrepreneurs, on s'est contenté de les ruiner.

Les voies navigables de l'Allemagne de 1875 à 1900, par M. DUVAL, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Cette étude a pour objet d'établir le bilan des travaux accomplis, à la date de 1900, sur les voies navigables de l'Allemagne, savoir : le Rhin, le Mein, l'Ems et le canal de Dortmund à l'Ems, le Weser et la Fulda, l'Elbe, la Saale, le Havel et la Sprée, l'Oder, la Worthe et la voie navigable Oder-Vistule, la Vistule, le Niemen, etc.

L'auteur estime que la proportion dans laquelle le trafic général du réseau navigable allemand s'est accru entre 1875 et 1900 est de 30 0/0 en nombre rond (exactement 29,7); il termine par quelques considérations sur les projets de développement du réseau actuel. On peut discuter, dit-il, l'opportunité des travaux que vont entreprendre les Alle-

mands, mais on doit reconnaître que l'unité et la constance dans la direction générale, la rapidité dans la discussion et l'exécution, telles sont les qualités qui ont permis de mener à bien en vingt-cinq ans l'œuvre qu'ils avaient conçue et qui leur permettent aujourd'hui de s'engager avec confiance dans une nouvelle campagne.

Note sur **l'éclairage du phare de Chassiron à l'incandescence par l'acétylène**, par M. A. Joly, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Le phare de Chassiron, situé à la pointe nord de l'île d'Oléron, a été choisi pour faire un essai d'éclairage à l'incandescence par l'acétylène, système que des expériences préliminaires faites au Dépôt des Phares, paraissaient recommander.

On a utilisé, pour la production de l'acétylène, un matériel précédemment installé pour la fabrication du gaz d'huile. Le gazogène est du type à chute non automatique de carbure dans l'eau. L'acétylène est épurée chimiquement en vue de l'hydrogène phosphoré que la combustion transforme en acide phosphorique susceptible de détériorer les manchons à incandescence.

La fabrication est très simple : à l'époque des longues nuits d'hiver, elle n'exigera pas la manipulation de plus de 30 *kg* de carbure de calcium et ne durera pas plus de deux heures et demie. Ces chiffres seront réduits de moitié dans la belle saison.

L'éclairage à incandescence par l'acétylène a commencé à fonctionner au phare de Chassiron le 15 novembre 1902. Cette expérience doit permettre d'établir la prix de revient pratique de l'éclairage à incandescence par l'acétylène dans les phares.

Étude de l'administration actuelle du port de Londres et du projet de transformation présenté au Parlement par la Commission royale nommée à cet effet, par M. Aron, élève Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Cette note étudie l'administration du port de Londres, qui est très compliquée, car il n'y a pas moins de cinq autorités qui se partagent les pouvoirs sur la Tamise, d'où il résulte inévitablement certaines difficultés.

Le port de Londres a été, pendant près de deux siècles, le plus grand du monde pour le tonnage et le commerce, mais son importance semble en décroissance et, en présence de l'augmentation continuelle du tonnage des navires, il est nécessaire de suivre le mouvement et, par suite, d'exécuter des travaux considérables si on veut que Londres ne soit pas déserté pour des ports mieux outillés.

La Commission propose un certain nombre de modifications dans l'administration et dans la constitution des autorités. D'après elle, la décroissance du port n'est pas due à une cause physique, mais à une organisation administrative et financière défectueuse. Que l'on supprime cet obstacle, et le port de Londres gardera, sans aucun effort, la place qu'il n'a pas jusqu'ici cessé d'occuper parmi les grands ports du monde.

Emploi de siphons auto-amorceurs pour le remplissage et la vidange des sas d'écluse, par M. Luneau, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

L'administration vient d'approuver, pour une seconde écluse à construire au barrage d'Ablon, sur la Seine, un projet qui comporte, en vue du remplissage et de la vidange du sas, l'emploi de siphons s'amorçant d'eux-mêmes par déversement, ce qui les fait désigner par l'expression de siphons auto-amorceurs.

L'emploi de ces siphons a paru justifié par les faits suivants d'expériences constatées à Trouville ou à Honfleur :

1° Un tuyau, en forme de siphon par dessus, débite autant qu'un tuyau droit, si les courbes du siphon n'entrainent pas une augmentation sensible de la longueur totale du siphon;

2° L'amorçage par déversement se produit, pour ainsi dire, instantanément, dès que l'épaisseur de la lame d'eau déversante atteint ou dépasse le tiers de la hauteur verticale au-dessus de la selle du siphon;

3° Quand un siphon est amorcé, il faut faire d'assez larges ouvertures à sa partie supérieure pour provoquer le desamorçage par la rentrée de l'air. A Honfleur, un trou de 4 *cm* de diamètre ne suffisait pas à desamorcer un siphon de 60 *cm*. A Trouville, il a fallu employer un robinet vanne de 25 *cm* pour desamorcer l'ensemble des six tuyaux de chasse de 1,30 *m* de diamètre.

ANNALES DES MINES

2e livraison de 1903.

Notice sur **Hippolyte Laehat,** Inspecteur général honoraire des mines, par M. P. Termier, Ingénieur en chef des Mines.

Nous trouvons dans cette notice la particularité intéressante que le défunt, ancien élève de l'École de Liège, était Ingénieur du Gouvernement sarde et avait passé dans le corps des mines français à l'annexion de la Savoie en 1860, comme Ingénieur ordinaire.

Richesses minérales des possessions russes dans l'Asie centrale, par M. D. Levat.

3e livraison de 1903.

Richesses minérales des possessions russes dans l'Asie centrale *(suite et fin)*, par M. D. Levat.

Cette question a été traitée par l'auteur lui-même devant notre Société et nous renvoyons à ce sujet au mémoire de M. Levat inséré au Bulletin de septembre 1902, page 337.

Statistique de l'industrie minérale de la France. — Tableaux comparatifs de la production des combustibles minéraux, des fontes, fers et aciers en 1900 et 1901.

Il a été extrait, en 1902, 30 197 000 *t* de combustibles minéraux dont 29 574 000 *t* de houille et anthracite et 623 000 *t* de lignites, total en diminution de 2 millions sur le total de 1901, lequel était lui-même déjà en diminution de 1 million sur la production de 1900.

Le Nord et le Pas-de-Calais ont produit ensemble 18 millions de tonnes contre 20 millions l'année précédente. Après, vient la Loire avec 3 millions de tonnes, le Gard avec 1 800 000 *t* et Saône-et-Loire avec 1 700 000 *t*.

Pour le lignite, le bassin du Fuveau a produit 523 000 *t*, soit 40 000 *t* de moins que l'année précédente, le bassin de Manosque 50 000 *t* soit 11 000 de diminution, et le bassin du Gard 15 000 *t* soit 4 000 de moins que l'année précédente; c'est donc une diminution totale d'environ 50 000 *t* par rapport à 1901.

La production totale de fonte, pour 1902, s'est élevée à 2 427 000 *t*, en augmentation de 39 000 *t* sur la production 1901. Sur ce total on trouve 2 400 000 *t* de fonte au coke, 13 500 *t* de fonte au bois, et 14 700 *t* de fonte mixte; la fonte au bois est en diminution de 2 500 *t* environ sur l'année précédente. Le département de Meurthe-et-Moselle figure dans le total pour 1 548 000 *t*, après vient le Nord avec 234 000, le Pas-de-Calais et Saône-et-Loire avec, tous deux, 85 000 *t*.

La production du fer a été de 626 000 *t* en augmentation de 59 000 *t* sur la précédente. Sur ce chiffre, on trouve 400 000 *t* de fer puddlé, 5 600 de fer affiné au charbon de bois, et 219 000 de fer obtenu par ré chauffage de vieux fers et riblons. La production des rails en fer a été de 320 *t* contre 216 en 1901. C'est le Nord qui a la plus grande production, 236 000 *t*; après viennent les Ardennes, avec 81 000 et la Haute-Marne avec 62 000, et la Seine avec 38 000 obtenues par rechauffage de vieux fers.

La production d'acier en lingots s'est élevée à 1 635 000 *t*, dont 1 million en nombres ronds d'acier Bessemer et 635 000 *t* d'acier Martin ; l'augmentation, par rapport à l'année précédente, est de 210 000 *t*.

La production des aciers ouvrés a été de 1 232 000 *t*, en augmentation de 56 000 *t* sur celle de 1901. Sur ce total, il y a 300 000 *t* de rails et 276 000 de tôles.

L'acier fondu au creuset figure pour 12 700 *t*, chiffre à peu près identique à celui de 1901. C'est le département de Meurthe-et-Moselle qui tient toujours la tête pour la production des lingots, 712 000 *t* contre 554 000 en 1901, après vient le Nord avec 235 000 et Saône-et-Loire avec 120 000. Ces deux derniers chiffres sont également en augmentation sur les chiffres correspondants de 19

SOCIETÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

JUILLET 1903.

DISTRICT DE PARIS.

Réunion du 6 avril 1903.

Communication de M. L. DUMAS sur **les propriétés mécaniques des aciers au nickel magnétiques et non magnétiques.**

Cette communication traite principalement de la propriété qu'ont les aciers au nickel de subir, sous l'influence des variations de la température une transformation allotropique qui se manifeste en particulier par l'apparition ou la disparition de magnétisme et par des modifications considérables des propriétés mécaniques. Ces phénomènes ont été exposés dans un compte rendu d'un ouvrage de M. Dumas fait par notre collègue M. L. Baclé, compte rendu inséré au *Bulletin* de janvier 1903 de notre Société, page 236 ; nous ne pouvons mieux faire que d'y renvoyer.

Une discussion intéressante a suivi cette communication.

Communication de M. L. CUGNIN sur **les gîtes diamantifères du Brésil.**

DISTRICT DE SAINT-ÉTIENNE

Réunion du 6 juin 1903.

Visite des nouvelles installations des mines de Montrambert et de la Béraudière.

A la Béraudière, on a examiné la machine d'extraction à deux cylindres de $0{,}80 \times 1{,}60$ *m* à distribution par soupapes ; il y a une disposition intéressante consistant à permettre au mécanicien de soulever à volonté les soupapes d'échappement pour régler la contre-pression lors de la descente d'une charge, descente qui devient, par là, d'une parfaite régularité.

Au puits Ferrouillat, on a vu une pompe Kaselowsky pouvant élever 180 m^3 à l'heure, d'une profondeur de 630 *m* ; cette pompe a 4 pistons plongeurs de 260×800 *mm*, les pistons moteurs ont 144 *mm* de diamètre avec la même course que ceux de la pompe.

On a visité aussi la station centrale électrique du puits de l'Ondaine, qui fournit la force et l'éclairage à divers postes et ateliers.

M. Rodde fait une communication sur la machine d'extraction du puits Saint-Dominique établie pour extraire d'une profondeur de 700 *m* ; cette machine, à cylindres égaux, fonctionne avec condensation. Des essais faits en mars 1902, ont indiqué un travail de 10 917 *kgm* par kilogramme de vapeur par 24 heures, et 9,17 de vapeur dépensée par tonne

élevée à 100 *m*. C'est là un très bon résultat, si on le compare avec ceux que donnait, en 1879, dans les *Annales des Mines*, M. Ledoux, et dont le meilleur était 18,8 *kg* par tonne élevée à 100 *m*.

M. Bouchut décrit un système de barrières semi-automatiques employées au puits Saint-Dominique. Ces barrières s'ouvrent simultanément à l'avant et à l'arrière de la recette sous un faible effort du receveur et ne peuvent rester ouvertes en dehors de cet effort que si la cage est présente. Dès que celle-ci s'efface, soit qu'elle descende dans le puits ou s'élève dans le chevalement, les barrières retombent. Elles fonctionnent au moyen d'air comprimé fourni du puits par la pompe Westinghouse qui alimente le frein et le servo-moteur de la machine d'extraction

---

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 25. — *20 juin 1903.*

Emploi de l'accroissement momentané du poids adhérent pour faciliter le démarrage des locomotives, par K. Keller.

Calcul des efforts dans les pièces courbes, par M. Tolle.

Progrès dans la construction des turbines, par C. Schmitthenner *(fin)*.

Grue roulante électrique de 4 000 *kg*, par H. Koll.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Construction des appareils évaporatoires pour la concentration de dissolutions.

Bibliographie. — Cours de construction de pièces de machines, par O. von Grove.

Revue. — Laboratoire national de physique. — Attelage pour wagons de chemins de fer. — Variétés.

N° 26. — *27 juin 1903.*

Navire-école russe *Okean*, construit par les chantiers Howaldt, à Kiel.

Installations électriques de Vouvry et de Sault-Sainte-Marie, par Kast Meyer.

Exposition de Dusseldorf. — Les appareils de levage, par Ad. Ernst *(suite)*.

Aperçu sur le calcul des moteurs à gaz, par R. Barkow.

Groupe de Carlsruhe. — Estimation de la valeur des pertes d'eau dans les canalisations.

Groupe de Siegen. — Les installations électriques de la ville de Siegen.

Revue. — Machines compound à simple effet jumelles de Hoy. — La 32e réunion générale des délégués des Associations de surveillance des appareils à vapeur à Stockholm.

N° 27. — *4 juillet 1903.*

Essai historique sur le développement industriel de la partie sud de la Bavière, par P. von Lossow.

Voyage d'études aux États-Unis, par P. Möller.

Bibliographie. — La technique des courants alternatifs, par E. Arnold. — Exemples de problèmes usuels sur l'étude et le calcul des conduites d'électricité.

Revue. — Exposition de villes allemandes, à Dresde, par J. O. Knoke.

N° 28. — *11 juillet 1903.*

Progrès dans la construction des machines à Münich et à Augsbourg, par M. Schröter.

Les forces hydrauliques du versant nord des Alpes, par O. von Miller.

Voyage d'études aux États-Unis, par P. Möller *(fin)*.

Lois de l'allongement élastique, par W. Schüle.

Groupe de Berlin. — Réglage des échelles des indicateurs. — Taxes sur les canaux de navigation.

Bibliographie. — Manuel de métallurgie. par le docteur H. Wedding.

Revue. — Équerre à dessiner. — Moyens de régler la marche des grandes turbines à chute moyenne. — Utilisation de l'azote de l'atmosphère.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

IIe SECTION

Traité théorique et pratique des moteurs à gaz et à pétrole, par M. Aimé Witz (1).

Sous ce titre le maître bien connu, lauréat du prix Schneider, de notre Société, vient de publier le premier volume d'un nouveau traité qui en comportera un second, toujours sur le sujet cher à l'auteur, et dans lequel il a acquis une compétence universellement reconnue, *les moteurs à gaz et à pétrole.*

Nous sommes loin, dans ces deux forts volumes in-8°, du petit in-12 de 288 pages que M. Witz publiait en 1886 et rééditait en 1889 avec un supplément d'une quarantaine de pages. La troisième édition comportait déjà trois volumes in 8° de plus de 500 pages chacun, parus successivement et se complétant l'un l'autre.

Les progrès et le développement extraordinaires et rapides de ce genre de moteurs dans ces dernières années, ont exigé un si grand nombre d'additions, qu'une refonte générale de l'ouvrage s'imposait : c'est celle que M. Witz offre aujourd'hui au public. Le second volume actuellement sous presse donnera la monographie détaillée des principaux moteurs à gaz et à pétrole et des organes qui les composent, avec leurs principales applications. Le tome I, seul publié à ce jour ne traite que des généralités exposées sous la forme suivante :

L'ouvrage est divisé en sept chapitres. Dans les deux premiers, l'auteur expose l'histoire et la classification des moteurs à gaz; depuis l'abbé Hautefeuille, fils d'un boulanger d'Orléans, jusqu'à Lenoir, *période d'invention*, en passant par Otto et Langen, Otto, Binchop, Simon, Benz, Ravel, Koerting, Charon, Niel, *période d'application*, avec la prédominence du cycle à quatre temps, pour arriver à la *période actuelle ou d'expansion* dans laquelle le moteur à gaz entre en lutte avec la vieille machine à vapeur. C'est dans cette dernière période que l'on assiste au développement de l'alimentation des moteurs par les gaz pauvres, les gaz de hauts fourneaux, le pétrole et l'alcool.

L'auteur laisse prévoir que les explosifs brutaux, comme la poudre, qui ont servi de point de départ, pourraient bien un jour rentrer en lice et être utilement employés dans les moteurs justement nommés *moteurs à explosion.*

Le chapitre III renferme des considérations théoriques sur les machines thermiques, la chaleur source d'énergie, les variations thermiques des gaz, le cycle et le rendement des machines thermiques, et se termine par un parallèle entre les diverses machines thermiques. La

(1) In-8°, 285×190 de VIII-500 pages, avec 137 figures. Paris, E. Bernard, 1903, prix broché des deux volumes, 30 francs.

conclusion est que les moteurs qui nous occupent ont un rendement supérieur aux meilleures machines à vapeur ; en outre, en vingt ans, leur rendement a plus que doublé, tandis que celui des appareils à vapeur n'a pas augmenté de moitié ; résultat très important.

Dans le chapitre IV, M. Witz étudie les gaz combustibles servant d'alimentation aux moteurs : gaz d'éclairage dit gaz de ville ; nous signalons pages 94 et suivantes la description et l'emploi de la bombe imaginée par l'auteur pour mesurer le pouvoir calorifique du gaz à volume constant, pouvoir qu'il faut connaître pour calculer le rendement des moteurs à explosions ; les divers gaz combustibles obtenus par distillation de la tourbe, du bois, de l'huile ; l'air carburé et les principaux carburateurs ; le gaz à l'eau ; les alcools ; les pétroles ; les gaz mixtes ou gaz pauvres, avec une monographie des gazogènes ; le gaz acétylène, enfin les gaz des hauts fourneaux qui ouvrent aux moteurs à gaz une nouvelle et brillante voie dans l'industrie.

La théorie générique des moteurs à gaz est exposée dans le chapitre V et la théorie expérimentale dans le chapitre VI. Dans le premier, l'auteur définit les quatre types théoriques et étudie leurs rendements théoriques comparés ; il s'arrête d'une manière spéciale sur le cycle Beau de Rochas à détente incomplète, sur les cycles à compression et admission variable du genre Charon, le cycle à admission variable et surcompression de Letombe, le cycle Diesel. Il examine enfin divers autres cycles proposés et les diagrammes dits *entropiques*. Dans le second, il montre les imperfections des cycles réels, étudie l'action des parois sur la combustion, les divers régimes de détonation et de combustion, et conclut par de fort judicieuses considérations sur la théorie expérimentale devant les faits.

Enfin l'ouvrage se termine par un septième et dernier chapitre concernant les essais des moteurs : mesure du travail indiqué, du travail effectif et du rendement organique, indicateurs divers, freins, essais de puissance et de consommation, de vitesse et de régularité ; il donne les résultats des essais d'un très grand nombre de moteurs de tous les types, essais effectués par un certain nombre d'expérimentateurs tous cités, avec la date de leurs travaux. L'auteur donne, pour finir, les méthodes à employer pour établir exactement et rapidement les calculs d'établissement des moteurs.

Comme on le voit, nous sommes en présence d'une œuvre magistrale à la fois savante et pratique, œuvre d'un théoricien et d'un expérimentateur consommé, dans laquelle chacun, suivant ses besoins, pourra puiser à l'aise les renseignements qui lui seront nécessaires pour résoudre un problème quelconque concernant les moteurs à gaz et à pétrole.

Aug. Moreau.

IVe SECTION

Traité de chimie industrielle, (1) par MM. Wagner, Fischer et L. Gautier, quatrième édition française entièrement refondue, publiée d'après la quinzième édition allemande. — Tome second : *Verre; Poteries; Mortiers et ciments; Produits organiques; Matières colorantes; Textiles; Teinture et impression des tissus; Papier; Amidon et sucre; Vin, bière, alcool; Tannage des peaux; Acide stéarique, glycérine, savons; Industries diverses.*

Lors de la publication du premier volume de ce *Traité*, il en a été rendu compte ici même (Bulletin de janvier 1902).

Ce premier volume était consacré, dans sa plus grande partie, à la chimie métallurgique et à ce qu'on nomme la « grande industrie chimique »; mais les auteurs n'avaient pas abordé l'étude des matières minérales les plus répandues (roches siliceuses, calcaires et argileuses). Le premier chapitre du présent volume leur est consacré; il constitue ce qu'on peut appeler la chimie *minéralurgique*, qui s'occupe du verre, des poteries et des matériaux d'agrégation (plâtre, chaux et ciments).

Les chapitres suivants numérotés de VI à XI se rapportent tous à la chimie organique; ce sont d'abord le bois et ses produits de distillation, puis le goudron de houille et les corps, qui en proviennent, qui sont passés en revue.

L'étude de ceux des dérivés du goudron qui servent aux matières colorantes est faite ensuite d'une façon spéciale et avec détails; les autres matières colorantes organiques sont également réunies dans ce chapitre.

Celui-ci mène naturellement à l'emploi des matières colorantes dans la teinture, c'est-à-dire aux procédés de blanchiment, de teinture et d'impression des fibres et des tissus, sans oublier le mercerisage qui a eu, ces dernières années, de si importantes applications. Ici trouve sa place le produit fabriqué par le feutrage des fibres végétales, c'est-à-dire le papier.

Le chapitre IX comprend un ensemble de corps qui constitue un groupe distinct au point de vue chimique, celui des hydrates de carbone (matières amylacées et sucres); puis une série de produits qui se trouvent réunis à cause de leur emploi dans l'alimentation : pain, beurre, fromage, dont la fabrication se pratique de jour en jour d'une façon plus industrielle; enfin « aliments concentrés » qui tendent à prendre une extension croissante.

Les boissons sont étudiées — avec développement pour la bière et l'alcool — dans le chapitre X, qui a pour titre général : les fermentations.

Dans le dernier chapitre sont groupées une série d'industries diverses : celles du tannage, de la colle, des graisses, des vernis, du savon, du tabac, du caoutchouc, enfin de la conservation des bois.

En outre, le traducteur a ajouté une annexe consacrée aux procédés

(1) In-8, 255 × 165 de 884 p. avec 429 fig. Paris, Masson et Cie, 1903. Prix broché 30 francs.

les plus intéressants qui se sont développés depuis la publication du premier volume.

Dans la plupart des industries qui viennent d'être citées, l'art de l'ingénieur joue, à côté de la science du chimiste, un rôle considérable; aussi trouve-t-on à leur sujet de nombreux croquis : fours, appareils de blanchiment, teinture et impression, machines à papier, appareils de sucrerie et de distillerie, etc.

On ne peut que répéter, à propos de ce volume, les éloges déjà adressés au premier et par suite conclure que ce Traité, sous sa forme relativement succincte, constitue une encyclopédie de chimie industrielle, dont le succès incontestable, — puisque la quatrième édition française est faite sur la quinzième édition allemande, — ne pourra aller qu'en croissant.

P. JANNETTAZ.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,

A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 15128-6-03. — (Encre Lorilleux).

Fig. 9. — Martensite.
G = 500 *d*.

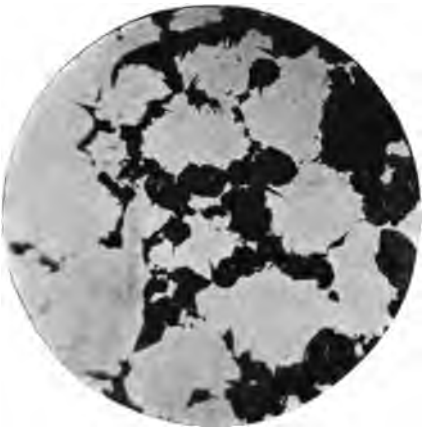


Fig. 10. — Troostite.
G = 300 *d*.

Fig. 19. — C = 0,800 c ; Mn 10 0/0.
G = 200 *d*.

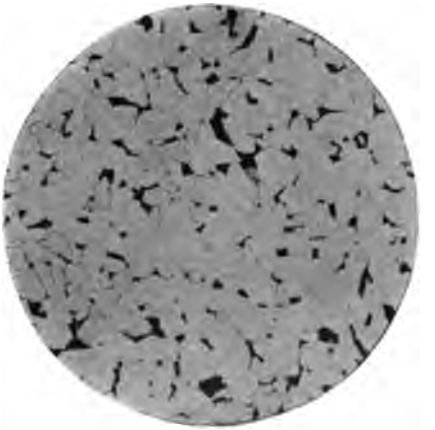


Fig. 20. — C = 0,050 ; Cr = 0,7 0/0.
G = 200 *d*.

Fig. 29. — C = 0,800 ; Ni 45 0/0 ; Écroui.
G = 300 *d*.

Fig. 30. — C = 0,800 ; Ni = 15 0/0 ; Écroui.
G = 300 *d*.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 15406-8-03. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

D'AOUT 1903

N° 8

ADOPTION DU SYSTÈME MÉTRIQUE

AUX ÉTATS-UNIS

Dans la séance de la Société des Ingénieurs Civils de France du 1er mai 1903, sur la demande qu'avait bien voulu en faire la Chambre de Commerce américaine, a eu lieu, sous la présidence de M. P. Bodin, Président de la Société, une communication sur l'*Adoption du Système Métrique aux États-Unis.*

Cette communication fut faite par M. Ch. Lallemand, Ingénieur en Chef des Mines, Directeur du Nivellement général de la France, Membre du Bureau national des Poids et Mesures.

Avaient pris place au bureau : M. F. Kimbel, ancien président; M. Greene, vice-président de la Chambre de Commerce américaine de Paris; M. Mascart, directeur du Bureau central météorologique, membre de l'Institut; M. Cheysson, membre de l'Institut; M. Sauvage, Ingénieur en chef des Mines.

M. F. Kimbel a prononcé l'allocution suivante :

Monsieur le Président, Messieurs,

Mes collègues de la Chambre de Commerce américaine m'ont fait l'honneur de me demander d'adresser quelques paroles à votre très honorable Compagnie pour expliquer notre attitude en ce qui concerne l'adoption du système métrique en discussion aux États-Unis.

Une réforme de cette importance ne peut se faire sans provoquer, dans certains milieux, une grande opposition. Dans l'état actuel de la question aux États-Unis, et quoique le sentiment général soit assez en faveur de cette réforme, nous sommes surpris de rencontrer des adversaires dans un milieu où nous, négociants, ne nous doutions pas devoir trouver une résistance. Nous voulons parler d'un milieu essentiellement technique, tel que des ingénieurs mécaniciens, dont la corporation, réunie à New-York, à la suite d'un rapport présenté par M. Halsey, a renvoyé la question à une date indéterminée.

Par contre, dans les cercles gouvernementaux, nous sommes

heureux de constater l'esprit sincèrement bienveillant qui guide les hommes compétents chargés de faire aboutir ce projet, c'est-à-dire de faire entrer le système métrique dans le domaine pratique.

A plusieurs reprises déjà, notre Chambre a été invitée, par des administrations de caractères différents dans notre pays, à faire des recherches en France, en vue d'arriver à élucider certains points servant de moyens d'action pour combattre ce système.

Notre Commission, Commerce et Transports, a été amenée de la sorte à saisir votre Bureau de ces questions, parce qu'il lui a semblé et il nous semble, en effet, que la Société des Ingénieurs Civils de France pouvait, en ce qui concerne le système métrique en général, son fonctionnement dans l'intérieur de la France et aussi dans les rapports entre la France et certains pays étrangers, émettre des opinions ayant une très grande autorité en face de l'opposition suscitée aux États-Unis et qu'il s'agit pour nous de vaincre.

On ne peut, en effet, imaginer une société d'hommes plus compétents en la matière que les membres de votre honorable Compagnie, et ce, autant à un point de vue scientifique que technique, que commercial. Nous vous sommes donc particulièrement reconnaissants, à vous, Monsieur le Président, et aux Membres de la Société des Ingénieurs Civils, d'avoir bien voulu aborder cette question, d'un si haut intérêt pour nous, Américains, et d'un non moins grand intérêt pour vous, Messieurs, dans les rapports de votre pays avec le nôtre.

D'autre part, la Chambre de Commerce américaine, dans un esprit d'équité, a voulu que le problème soit examiné sous toutes ses faces; elle tient cependant, dès maintenant, à faire connaître sa pleine adhésion au système métrique.

Dans nos délibérations intérieures, nous avons rencontré parmi nous une presque unanimité d'opinion, quant à l'utilité, nous dirons même, à la nécessité de l'adoption à très bref délai d'une mesure tout à l'avantage de notre pays, puisque, par le fait même de son adoption, nous deviendrions membre d'une famille, déjà grande, de nations pour lesquelles le système métrique est devenu un trait d'union de tout premier ordre dans leurs relations réciproques, scientifiques et commerciales.

Pour nous, négociants, à part les avantages que peut offrir le système métrique, comme tel, ce que nous recherchons, c'est, avant tout, l'unité de base pour nos transactions internationales.

Nous espérons qu'à côté des observations, qui seront présentées ce soir par des hommes éminemment compétents, il vous plaira d'examiner le questionnaire, tout de théorie, que nous avons eu l'honneur de vous faire parvenir et de nous fournir ainsi le moyen de répondre nous-mêmes, avec une autorité qui s'autorise de la vôtre, à tous les points soumis à notre propre examen.

Je tiens à répéter ici que le questionnaire dont il s'agit ne devra en rien vous faire préjuger des sentiments de la Chambre de Commerce américaine de Paris, puisque ces sentiments sont, d'ores et déjà, acquis au système métrique.

La seule raison, d'ailleurs, qui m'ait fait prendre la liberté de demander la parole, c'est précisément pour bien établir d'avance la position prise par nous.

M. LE PRÉSIDENT remercia M. F. Kimbel d'avoir ainsi expliqué les raisons qui ont fait demander à la Chambre américaine une Conférence de notre Société sur le *Système Métrique*.

Puis M. l'Ingénieur en Chef, Ch. LALLEMAND, fit sa communication à la suite de laquelle s'ouvrit une discussion (1).

Prirent successivement la parole : M. Ed. SAUVAGE, Ingénieur en Chef des Mines; M. MASCART, Membre de l'Institut; M. Ch.-Éd. GUILLAUME, Sous-Directeur du Bureau International des Poids et Mesures; M. le commandant BOURGEOIS, Chef de la section de géodésie et d'astronomie au service géographique de l'armée; M. le commandant MAHAN, ancien officier du génie américain; M. CHEYSSON, membre de l'Institut; M. Ed. SIMON, secrétaire général de l'Association des Industriels de France contre les Accidents du Travail; MM. P. CHALON et R. SOREAU, membres du Comité de la Société des Ingénieurs Civils de France; M. HOSPITALIER, professeur de physique et de chimie à l'École Industrielle de la ville de Paris.

Quelques autres personnes, n'ayant pu assister à la séance, avaient envoyé des notes manuscrites, tels que M. L. CAEN, ancien Ingénieur des Établissements Lazare Weiller; M. H. LENICQUE, Ingénieur Civil consultant en matière de Mines.

La Chambre de Commerce américaine avait bien voulu également nous remettre, le matin même, un questionnaire qu'elle

(1) Voir procès-verbal de la séance du 1er mai 1903. Bulletin de mai, pages 668 et suiv.

avait reçu des États-Unis. Il nous parvint donc trop tard pour que les réponses pussent être faites, point par point, dans la séance. La communication et la discussion qui eurent lieu en séance sont donc restées dans le domaine général. Mais après cette séance, une Commission, sous la présidence de M. P. Bodin, a rédigé les réponses au questionnaire qui nous avait été transmis. Ce sont ces réponses que l'on trouvera ci-dessous.

La Commission était composée de MM. P. Bodin, président; L. Caen, P. Chalon, Ch.-Éd. Guillaume, H. Lenicque, Ed. Simon, R. Soreau.

RÉPONSES AUX QUESTIONS TRANSMISES

PAR LA CHAMBRE DE COMMERCE AMÉRICAINE DE PARIS

Question 1. — *Est-il vrai que le* mètre *n'est pas* rigoureusement *la dix-millionième partie du quart du méridien terrestre, mais bien une longueur qui est, en somme, empirique et égale à celle d'une barre* étalon? *En d'autres termes, cette longueur pourrait-elle être reproduite dans l'hypothèse où l'étalon serait perdu?*

Question 2. — *Les arcs du méridien ne diffèrent-ils pas en longueur aux différents points du globe?*

Question 3. — *Le* gramme *est-il rigoureusement le poids de 1 centimètre cube d'eau distillée à son maximum de densité ou en diffère-t-il par une quantité très faible, mais qui puisse être mesurée?*

Réponses 1, 2, 3. — On ne peut répondre à la première partie des questions 1 et 3, telle qu'elle est formulée, puisque, en dehors du domaine des mathématiques pures, l'égalité *rigoureuse* entre deux quantités ne signifie rien. Seule l'égalité *pratique* a un sens qui est le suivant :

Deux quantités sont réputées égales lorsque, au degré de précision des mesures servant à les comparer, on ne constate entre elles aucune différence. Il est évident, par conséquent, que l'égalité pratique entre deux quantités peut varier avec l'époque de la mesure. Affirmer l'égalité pour tous les temps serait vouloir imposer une limite au progrès, puisque les perfectionnements apportés aux méthodes de mesure conduisent à apprécier des différences de plus en plus petites entre les grandeurs que l'on compare. C'est pourquoi le Mètre, qui pouvait être considéré comme conforme à sa définition au moment de la création du système métrique, ne l'est plus aujourd'hui. C'est pourquoi aussi le Kilogramme a pu être regardé pendant longtemps comme représentant réellement la masse du décimètre cube d'eau, alors que les mesures modernes ont permis de découvrir une petite différence entre ces deux masses.

Les définitions modernes des unités métriques ont dû, par conséquent, être données de façon à éliminer les faibles incertitudes résultant des différences constatées. Le Mètre n'est plus

la dix-millionième partie du quart du méridien terrestre, et le Kilogramme n'est plus, en toute rigueur, la masse du décimètre cube d'eau. Ces deux unités du système métrique sont représentées par les étalons prototypes déposés au Bureau international des poids et mesures; ces étalons sont la propriété commune des vingt et un États ayant adhéré à la Convention du mètre. De nombreuses copies, en platine iridié, en ont été établies, et ont été déterminées avec une précision qui est, pour les mètres, de l'ordre de 2/10 de micron, et pour les kilogrammes, de l'ordre de 1/100 de milligramme. Ces copies, répandues dans tous les pays civilisés, garantissent par leur ensemble à la fois l'uniformité et la permanence du système métrique au degré de précision indiqué ci-dessus, puisqu'il est inadmissible que toutes ces copies soient détruites à la fois. Grâce à une puissante organisation internationale, les copies du mètre et du kilogramme peuvent, en tous temps, être rapportées aux étalons du Bureau international des poids et mesures avec une précision égale à celle de leur première détermination, de telle sorte que, si les étalons d'un pays quelconque avaient été endommagés, ils seraient à bref délai rétablis dans leur intégrité.

Par surcroit, la longueur du mètre a été rapportée à la longueur de certaines ondes lumineuses homogènes, avec une précision d'un ordre très supérieur à celui de la première détermination du mètre en fonction des dimensions de la Terre. Tout laboratoire de physique peut donc constituer un étalon de longueur quelconque en partant des longueurs d'onde connues.

Toutefois, bien que la définition primitive du mètre et du kilogramme ait été abandonnée afin de donner aux mesures les plus délicates une base précise, la relation primitivement admise comme rigoureuse, et qui est considérée aujourd'hui comme une relation approchée, reste d'une grande utilité pratique.

En effet, lorsque la division décimale du cercle sera plus généralement admise (questions 8 et 10) le kilomètre deviendra équivalent à la minute centésimale de l'arc de méridien terrestre, de telle sorte que, dans les calculs nautiques, les unités de longueur, les unités d'angles et les unités de vitesse seront entre elles dans une relation simple. L'écart d'une relation rigoureuse sera de l'ordre du dix-millième, quantité négligeable en dehors des déterminations de haute précision.

De même, dans tous les calculs qui n'ont pas en vue le plus

haut degré de précision, on considérera la densité d'un corps (rapport de sa masse à celle d'un égal volume d'eau à son maximum de densité) et sa masse spécifique (quotient de sa masse par son volume) comme deux quantités équivalentes, ce qui introduit une très grande simplification dans les calculs. L'écart entre les nombres résultant de ces deux définitions n'est, en effet, que de 1/20 000 environ.

Ce qui précède répond à la deuxième question en montrant que, par suite de la définition actuelle des unités du système métrique international, au moyen d'étalons, elle est sans objet.

Question 4. — *N'a-t-il pas été reconnu que les divisions du thermomètre centigrade sont trop grandes et qu'il a fallu les décomposer en parties décimales pour les lectures courantes de la température?*

Réponse 4. — Il est parfaitement exact que, pour de nombreuses applications, on doit subdiviser le degré centigrade. Mais la graduation Fahrenheit n'échappe pas davantage à ce fractionnement. En effet, quelle que soit l'équidistance adoptée dans les systèmes thermométriques, il se rencontrera toujours des applications dans lesquelles la subdivision du degré deviendra nécessaire. Dans certains travaux scientifiques, par exemple, l'appréciation des différences de température a été poussée jusqu'au millionième de degré centigrade et le centième de degré est de mesure courante. On peut encore donner comme exemple les pratiques météorologique ou médicale dans lesquelles le dixième de degré centigrade semble nécessaire ; il paraît inadmissible, en effet, de s'arrêter à une approximation équivalente au degré Fahrenheit, qui correspond à peu près au demi-degré centigrade, car s'il en était autrement, on verrait couramment les médecins exprimer les températures des malades en degrés ou demi-degrés; or, il est presque sans exemple qu'un médecin se tienne à une approximation de cet ordre; toujours les températures sont données avec une approximation du dixième de degré centigrade correspondant à très peu près au cinquième de degré Fahrenheit.

Question 5. — *Le fait que les températures au-dessous de zéro sont exprimées par des nombres négatifs n'est-il pas susceptible d'entraîner des complications et des erreurs dans les déterminations moyennes des observations météorologiques?*

Réponse 5. — L'emploi des quantités négatives est telle-

ment entré dans la pratique des calculs qu'on ne trouve aucune difficulté dans le fait que le zéro du système centigrade est situé en un point que l'on rencontre fréquemment dans les mesures usuelles. Et précisément, en météorologie, ce point a une telle importance que la séparation en températures positives et négatives, tout en étant absolument arbitraire en principe, correspond, pour le système centigrade, à une réalité pratique, en raison du rôle prépondérant de l'eau dans tous les phénomènes météorologiques ou biologiques.

Le zéro du système Fahrenheit a eu sa raison d'être à l'époque où l'on pensait qu'il correspondait aux plus basses températures qui pussent jamais être atteintes, de telle sorte que les températures semblaient être comptées à partir de leur point de départ naturel. C'est ainsi que les longitudes étaient autrefois comptées à partir du méridien de l'île de Fer, considérée comme étant située au point le plus occidental des terres existantes. Mais le zéro du système Fahrenheit a dû être complètement abandonné comme point de départ des températures lorsque le progrès de la science a permis d'atteindre des températures plus basses, ce qui lui enlevait sa seule raison d'être apparente et passagère, car son usage exige également l'emploi de nombres négatifs. Le zéro Fahrenheit ne correspond plus à rien, tandis que le zéro centigrade est en relation avec l'un des plus importants parmi les phénomènes de la météorologie et de la biologie végétale, la congélation de l'eau.

Il est à remarquer qu'à ses avantages intrinsèques, le système centigrade joint celui d'une définition internationale. Ses points fondamentaux sont rapportés, en effet, à la pression atmosphérique mesurée en fonction de l'intensité normale de la pesanteur. Pour le système Fahrenheit, employé en Angleterre, la pression est définie à Londres. Donc, à moins d'accepter partout la pesanteur à Londres comme pesanteur normale, le système Fahrenheit possède des bases différentes dans les divers pays anglo-saxons qui seuls l'ont conservé.

Question 6. — *La division du mètre en parties égales décimales n'entraîne-t-elle pas des inconvénients et des difficultés dans la cote des dessins, par suite de la nécessité où l'on se trouve de changer souvent d'unité décimale lorsqu'on divise une cote par 2 et par 4 et, par suite, aussi de l'impossibilité d'effectuer la division par 3 ?*

Réponse 6. — Quel que soit le système adopté, on aura tou-

jours des difficultés lorsqu'on devra diviser un nombre par un facteur non diviseur du système adopté.

Si le système duodécimal a plus de diviseurs que le système décimal, par contre, dans ce dernier, les opérations arithmétiques sont grandement facilitées et beaucoup plus rapides.

Question 7. — *Comment se fait-il que la fraction non décimale du franc soit plus communément répandue sous forme de* sou *qu'une fraction décimale? Est-il vrai qu'il est question d'établir la pièce de 0,25 f, et pourquoi?*

Réponse 7. — Le nom de *sou*, usité uniquement dans le langage parlé, n'est qu'une appellation ancienne populaire, appliquée à la pièce nouvelle de 0,05 *f*. Dans toutes les transactions, même les plus vulgaires, on écrit toujours 0,05 *f*, ce qui est bien une fraction décimale.

De même la pièce de 0,25 *f*, non encore émise, est rigoureusement une fraction décimale, conformément à la définition de ces dernières.

La véritable unité est le *franc*, qui, avec ses subdivisions décimales, sert de base à tous les calculs monétaires.

Question 8. — *Comment se fait-il que dans la navigation le* nœud *soit employé plutôt que le kilomètre?*

Réponses 8 et 10. — Dans la navigation il ne faut pas confondre le nœud et le mille marin : le mille marin est une mesure de distance, le nœud est une mesure de vitesse. Ces mesures et leur emploi sont basées sur les rapports de l'arc équatorial et de la division du temps en minutes et en secondes. Lorsqu'un navire jette par-dessus bord une ligne appelée *loch*, et que sur cette corde, que l'*on file*, il passe un certain nombre de nœuds distant de 15,43 *m* (cent-vingtième partie du mille) en une demi minute (cent vingtième partie de l'heure), il en résulte qu'autant il aura passé de nœuds sur la corde en une demi-minute, autant de fois le navire aura parcouru de milles en une heure.

Bien que les mesures ci-dessus soient basées sur le système sexagésimal, non seulement on n'a pas abandonné la division décimale du degré comme mesure des angles, mais elle se répand de plus en plus et sera exclusivement employée d'ici à quelques années.

Toutes les cartes géographiques du Ministère de la Guerre sont divisées en grades (à raison de 100 grades par quadrant) se divisant eux-mêmes d'après le système décimal.

Lorsque la division décimale du cercle sera plus généralement admise, le kilomètre deviendra équivalent à la minute centésimale de l'arc de méridien terrestre, de telle sorte que, dans les calculs nautiques, les unités de longueur, les unités d'angle et les unités de vitesse seront entre elles dans une relation simple.

Le kilomètre correspondra à la minute centésimale avec la même précision avec laquelle le mille marin correspond à la division sexagésimale.

Les divers grands cercles de la sphère terrestre différant entre eux beaucoup plus que le mètre ne diffère de sa définition primitive, l'erreur très minime commise dans sa réalisation (voir réponses 1, 2 et 3) disparaît en comparaison des écarts inhérents au problème, qui consiste à faire coïncider les mesures itinéraires avec les mesures angulaires.

Question 9. — *Les fils de sonde employés en navigation pour la mesure des profondeurs sont-ils divisés en mètres ou en* brasses. *Pourquoi cette dernière mesure ?*

Réponse 9. — Les fils de sonde, employés en navigation pour la mesure de la profondeur, sont tous comptés en mètres en non en brasses. De même, toutes les cartes de la marine donnent les profondeurs en mètres et non en brasses. La brasse n'est pas une mesure *officielle*, mais une simple mesure *approximative*, permettant de retrouver rapidement, dans les usages courants de la vie maritime et dans tous les pays, la longueur d'un cordage sans avoir de mètre sur soi. C'est la longueur obtenue en tenant un cordage tendu entre le pouce et l'index de chaque main, les deux bras étendus en croix.

Question 10. — *Pour quelle raison a-t-on abandonné la division décimale du degré comme mesure des angles ?*

Réponse 10. — Voir la réponse qui fait partie du n° 8.

Question 11. — *Pourquoi n'a-t-on pas donné suite à la division décimale pour la boussole ?*

Réponse 11. — La division décimale de la Boussole ne semble pas avoir un Rapport immédiat avec le Système métrique car la boussole est un instrument de direction et non un instrument de calcul proprement dit.

Quoi qu'il en soit, pour que l'on puisse adopter la division décimale, il faudrait que toutes les nations possèdant une marine fassent le même changement à la même époque.

Par suite, en effet, des relations internationales créées par les marines de tous les pays et les échanges de renseignements qu'elles se donnent, soit au moyen des pilotes, soit en consultant les cartes et documents publiés dans l'un ou l'autre pays, la division décimale qui serait adoptée par un seul pays entrainerait forcément des complications et des erreurs de nature à rendre très dangereuse la navigation.

C'est une modification qui s'applique à des conditions tout à fait spéciales et particulières et ne peut avoir lieu qu'à la condition que tous les peuples qui se servent de la boussole pour la navigation adoptent la même mesure à la même époque.

Question 12. — *Se sert-on toujours du* quintal *pour la pesée du poisson dans les ports de pêche, et pourquoi ?*

Réponse 12. — Le mot de *quintal* désigne le poids de 100 *kg*. C'est une dénomination métrique, officielle ; de même, l'on désigne, sous le nom de *tonne*, le poids de 1 000 *kg*.

Question 13. — *Comment se fait-il que* l'arpent *soit encore employé dans les campagnes comme mesure de superficie. L'once comme mesure de poids pour l'or, l'aune pour les rubans, le boisseau pour le charbon, etc... ?*

Réponse 13. — Il est inexact que l'arpent soit encore employé officiellement comme mesure de superficie, l'once comme mesure de poids, l'aune pour les rubans, le boisseau pour le charbon, etc. Toutes les mesures employées se rapportent au système métrique. Tous les actes officiels, quels qu'ils soient, sont dressés en mesures métriques. Toutes les factures, les devis, les métrés sont établis avec les mesures métriques. Par exemple, on facturera : *Une pièce de vin de 228 litres, à N francs l'hectolitre.* Ce n'est pas la pièce de vin qui est l'unité, mais bien le *litre* ou l'hectolitre.

L'erreur du questionnaire provient, comme nous l'avons dit plus haut, de ce que certaines professions ou certaines localités ont, dans les appellations courantes, appliqué les noms de quelques mesures anciennes aux mesures métriques nouvelles, approximativement équivalentes aux anciennes ; tel le boisseau qui désigne le décalitre ou 10 *l*, le double boisseau qui vaut 20 *l*.

Du reste, nombre de ces appellations ne sont plus guère employées que par les vieilles gens, et la génération actuelle en ignore souvent le sens. La plupart des élèves des écoles ne

savent pas ce qu'est un boisseau, mais tous savent ce qu'est le décalitre, etc.

L'once n'est pas employé en France comme mesure de poids pour l'or. Ce qui a pu faire croire qu'il en est ainsi, c'est la reproduction littérale, par certains journaux financiers, des mercuriales étrangères et notamment de celles relatives à la production des mines d'or du Transvaal et d'Australie, donnée par les journaux anglais.

De même, on reproduit certains cours étrangers, tels que ceux de la margarine en florins de Hollande ; ceux du coton en deniers anglais ; ceux du pétrole en cents américains. Ce sont des nécessités dues aux questions des changes.

Question 14. — *A quoi attribuer le fait que beaucoup de gens persistent à employer les expressions de* pouce, pied, livre, lieue, etc... ?

Réponse 14. — Les expressions pouce, pied, etc., sont des expressions professionnelles particulières qui sont toujours transformées en unités métriques toutes les fois qu'on a besoin d'une mesure exacte.

Ces expressions en tant qu'unités de mesure tendent d'ailleurs à disparaître pour ne plus conserver qu'un sens littéraire.

Ainsi, on dit « un homme de six pieds », pour désigner un homme très grand. On dit aussi : « ne pas reculer d'un pouce ». On dit encore : « ne pas avoir un rouge liard », bien qu'aujourd'hui personne ne sache plus ce que valait un liard autrefois.

Quant au nom de la *livre*, ce n'est, comme le *sou*, qu'une abréviation populaire ; elle désigne la moitié du kilogramme, mais les multiples de la livre n'existent pas, en dehors de quelques expressions populaires, telles que : « un pain de quatre livres », etc.

La lieue de France vaut exactement quatre kilomètres ; son emploi, en tant qu'unité métrique, a été justifié, à l'époque des voyages à pied, parce qu'elle correspond à environ une heure de marche. Mais les voyages en chemin de fer ou en automobile et les excursions à bicyclette l'ont fait oublier presque complètement. L'eût-on conservée comme multiple commode, usité dans le langage populaire, qu'il n'en résulterait aucune exception au système métrique.

Question 15. — *Le* carat *n'est-il pas employé exclusivement pour les pierres précieuses et pourquoi ?*

Réponse 15. — Si l'on continue, en France, à employer le

carat, c'est que le commerce des pierres précieuses se fait surtout par des étrangers qui emploient cette mesure ; nos joailliers et bijoutiers sont obligés de se conformer aux habitudes défectueuses des pays avec lesquels ils sont en rapport. Mais il est évident que l'emploi du milligramme, ou même d'une de ses fractions, serait fort avantageux, car le poids du carat n'est pas le même dans tous les pays.

Question 16. — *Comment expliquer que les efforts persistants des autorités et les lois les plus formelles édictées au sujet des poids et mesures, depuis plus d'un siècle après l'adoption du système métrique, n'aient pu réussir à faire disparaître les anciennes mesures ?*

Question 17. — *Peut-on nier qu'il existe, en somme, deux systèmes de mesures en France, le système métrique et les anciennes unités ?*

Réponses 16 et 17. — Il y a eu, dans les débuts de l'application du système métrique en France, de nombreuses hésitations causées en grande partie par les changements complets du régime politique. En réalité, le système métrique n'est légal, à l'exclusion de tout autre, que depuis le 1er janvier 1840, c'est-à-dire depuis un peu plus de 60 ans. Aujourd'hui, il n'existe en France qu'un système de mesures et il est absolument inexact que les anciennes mesures soient encore employées en France ; on en ignore même de plus en plus la valeur.

Les noms populaires d'anciennes mesures qui, on l'a déjà dit, désignent actuellement des mesures métriques, ont pu faire croire à la coexistence de deux systèmes ; la seule exception notable se rencontre dans les industries ou les négoces dans lesquels les nations étrangères, non encore ralliées au système métrique, sont tellement prépondérantes qu'elles ont pu jusqu'ici imposer leurs mesures.

Question 18. — *L'emploi du* bushel *aux États-Unis a-t-il jamais eu une influence quelconque sur le total des importations de céréales en France, et pourquoi ?*

Question 19. — *Dans le même ordre d'idées, l'emploi du* gallon *aux États-Unis a-t-il été une cause de diminution dans l'importation en France des pétroles, huiles, vins, alcools et autres liquides, et pourquoi ?*

Question 20. — *De même l'emploi de la* livre *aux États-Unis*

a-t-il eu de l'influence sur la quantité de cuivre, coton, charbon, etc., importée en France?

Réponses 18, 19 et 20. — Il est difficile de répondre à ces trois questions. Tous les produits mesurés au moyen du bushel, du gallon et de la livre font l'objet de transactions importantes qui arrivent toujours par chargement complet. Les calculs pour la conversion de ces unités en unités métriques ne sont donc pas des calculs journaliers, et ne sont effectués qu'une seule fois pour des quantités considérables. Cette question de l'unité de mesure est donc certainement moins importante dans ces cas particuliers; les conditions de prix et de qualité priment toutes les autres.

Question 21. — *Les machines-outils, locomotives, machines à écrire, bicyclettes, etc., fabriquées aux États-Unis sont établies à l'aide de mesures anglaises. Il est juste de dire, en ce qui concerne plus particulièrement les machines-outils, que certains organes, tels que les vis mères, les verniers sont construits sur le système métrique lorsque ces machines sont destinées à la France. Le fait que toutes ces machines sont, à part ce détail, construites à l'aide de mesures anglaises a-t-il jamais influencé leur importation en France ou compromis d'une manière quelconque leur efficacité et leur rendement dans les usines françaises?*

Question 22. — *En supposant pour un instant que les machines-outils américaines fussent complètement établies sur le système métrique, en résulterait-il un accroissement quelconque dans le nombre importé dans ce pays? La France aurait-elle utilisé plus de machines qu'elle en a utilisé pendant ces cinq dernières années de ce fait ou bien du fait que l'adoption du système métrique en général par les États-Unis fût une chose acquise?*

Réponses 21 et 22. — En ce qui concerne les petites machines-outils, les appareils tels que les bicyclettes, les machines à écrire, etc., qui se vendent à la pièce, la question de l'unité de mesure a peu d'importance; cependant, en ce qui concerne les machines à écrire, les constructeurs américains ont été obligés de combiner les claviers de ces appareils de manière à satisfaire aux exigences de la langue française. Il en est de même dans tous les cas ou la mesure est une qualité essentielle de l'instrument. Ainsi plusieurs maisons américaines exportent, non seulement en France, mais dans tous les pays d'Europe, d'excellents instruments de mesure : palmers, comparateurs, etc., exclusi-

vement métriques. Il leur est absolument impossible d'y vendre des instruments de mesure non métriques.

Si nous considérons les machines-outils appliquées à la transformation des matières premières, nous constaterons simplement que les importations des États-Unis, qui, en 1900, représentaient 27 0/0 de l'importation totale, sont tombées à 16 0/0, tandis que l'Allemagne, qui a adopté le système métrique, a vu ses importations passer de 33 0/0 en 1900 à 46 0/0 en 1901.

Question 23. — *N'est-il pas raisonnable d'admettre que le choix de machines-outils est seulement dicté par des considérations pratiques de rendement, d'efficacité, de prix, de délai de livraison, etc., et indépendamment du système de poids et mesures utilisé dans leur construction ?*

Réponse 23. — Bien que le choix des machines soit dicté par des considérations pratiques, de rendement, d'efficacité, etc., et que les États-Unis paraissent réunir des conditions avantageuses, on vient de constater que les pays, employant le système métrique, semblent s'adresser de préférence aux pays dont le système de mesures est en harmonie avec le leur. Il est impossible d'en chiffrer la valeur. Mais son influence n'est pas douteuse. Ainsi, une grande Compagnie, une grande Société peut être arrêtée dans l'achat de machines étrangères à cause de la difficulté de se procurer ultérieurement, en France, des pièces de rechange, par exemple des pièces taraudées à un pas autre que ceux en usage dans le pays.

Question 24. — *Peut-on admettre, d'autre part, que les États-Unis importent de France une plus grande quantité de soieries, plumes, cuirs, machines, instruments de musique, instruments d'optique et de précision, vins, automobiles, etc., si la France se servait du système anglais de poids et mesures? N'est-il pas logique de reconnaître que l'importance des produits importés de France aux États-Unis est tout à fait indépendant du système de mesures employé dans les deux pays et dépend exclusivement de la qualité, rendement, adaptabilité, prix, délai de livraison de ces produits et conformément à la loi générale de l'offre et de la demande?*

Réponse 24. — Le système des mesures employées, quel qu'il soit, est évidemment sans effet sur les produits pour lesquels ces mesures n'ont pas leur application, tels que les soieries, les fleurs, les plumes, les cuirs, les confections, etc.

Quel que soit le système employé, la France ne peut prétendre

exporter aux États-Unis que les produits dont les conditions paraitront favorables à cette dernière nation ; elle subira les effets de la loi de l'offre et de la demande. Les effets de cette loi sont grandement influencés et souvent faussés sur le marché américain par l'application de tarifs douaniers prohibitifs. Alors qu'à l'entrée en France, indépendamment des matières premières exemptes de tous droits, les manufacturés américains payent en moyenne 10 0/0 de leur valeur réelle, les manufacturés français sont soumis à des droits arbitrairement déterminés par les fonctionnaires des douanes américaines, droits qui s'élèvent de 60 0/0 jusqu'à 100 0/0 et même au delà du prix d'achat en France.

Question 25. — *A ce point de vue, peut-on affirmer si réellement l'importance du commerce entre la France et les États-Unis aurait quelque chance de s'accroître, dans l'une ou l'autre hypothèse où les États-Unis adopteraient le système métrique ou bien où la France adopterait le système anglais de poids et mesures. Si la réponse est affirmative, dans quelles conditions cet accroissement se produirait-il, et pourquoi?*

Réponse 25. — Les réponses aux questions 18, 19, 20, 21, 22 et 23 répondent à cette question.

Question 26. — *Au moment de l'adoption légale du système métrique en France, l'industrie de ce pays était-elle très développée? La France possédait-elle à ce moment de nombreuses usines, une littérature technique étendue basée sur l'ancien système de poids et mesures, des capitaux considérables représentés par des plans, cartes, procès-verbaux, outils, instruments, etc. Les conditions spéciales du moment, immédiatement après la Révolution Française, n'appelaient-elles pas plus facilement un changement dans cet ordre d'idées comme dans d'autres?*

Réponse 26. — (Voir aussi la réponse à la question 16.) — Le questionnaire fait de nombreuses allusions à la France seule; mais, à titre de comparaison avec les États-Unis, l'exemple est aussi mal choisi que possible. La France a eu tout à créer; elle a eu à vaincre la première routine, à une époque où la foi dans les grands avantages du système métrique n'existait pas encore. Les autres pays ont eu une tâche infiniment plus facile. De plus, comme la plupart d'entre eux ont adopté le système à une époque où leur industrie était beaucoup plus développée que l'industrie française il y a un siècle, les documents qu'ils peuvent fournir relativement aux difficultés de l'adoption du système s'appliquent beaucoup mieux aux prévisions que l'on peut faire pour les

États-Unis. A ce point de vue, l'exemple de l'Allemagne est typique. Le système métrique y est devenu obligatoire en 1872; or, il a fallu très peu d'années pour que son usage devienne général, toujours sous la réserve des expressions populaires, de l'emploi des mesures agraires et de certaines industries ayant des relations obligatoires avec des pays n'ayant pas encore adopté le système métrique.

Rien ne saurait être plus instructif, à ce point de vue, que la lecture des « Reports from Her Majesty's Representatives on the Metric System » adressés à Lord Salisbury, à la suite de l'enquête faite par son ordre, dans tous les pays du monde, par les représentants diplomatiques ou commerciaux du Gouvernement de Grande-Bretagne et Irlande. C'est dans ces *Reports* que l'on trouvera la réponse la plus complète à la question n° 29, comme aussi à la question 30.

Il est intéressant, cependant, de citer ici le fait de l'adoption extrêmement rapide des filetages métriques par toutes les grandes administrations de l'État français et par les grandes Compagnies de chemins de fer. Commencée en 1894, cette unification dans le sens du pas métrique est, pour ainsi dire, complète aujourd'hui.

Question 27. — *En admettant que l'on puisse trouver un meilleur système de poids et mesures que le système métrique et dont les unités soient incommensurables avec celles de ce dernier, la France abandonnerait-elle volontiers le système qu'elle possède et imposerait-elle légalement le nouveau système préconisé en présence des perturbations profondes que le changement risquerait de produire, de l'immense perte de capitaux accumulés sous forme de plans, procès-verbaux, littérature technique, poids, mesures, balances, outils, etc., qui en résulterait?*

Réponse 27. — Cette question est sans objet, et il n'existe aucune base sérieuse qui permette d'y répondre dès maintenant, au cas improbable où cette éventualité se présenterait. On peut dire seulement que, aussi loin que l'histoire des mesures permet de retourner dans le passé, il n'est aucun système de mesures qui ait présenté les avantages du système métrique, et qui ait pris une aussi grande extension. Dans le cas ou une amélioration pourrait lui être apportée, il ne faut pas oublier que la France n'est pas seule à en faire usage, mais que tous les États civilisés le possèdent à titre obligatoire ou facultatif.

On pourrait résumer le débat en ces termes :

Il est indiscutable que l'adoption d'un système unique de me-

sures dans tout le monde civilisé serait un grand bienfait pour les relations internationales. Il est indiscutable, d'autre part, qu'aucun des systèmes en présence n'est comparable au système métrique au point de vue de son organisation et de ses avantages. Un grand nombre de pays ont abandonné leurs anciens systèmes pour prendre le système métrique, *mais aucun de ceux qui l'avaient adopté ne l'a abandonné* autrement que d'une façon passagère, et pour des raisons politiques, dans les premières années qui ont suivi sa création. Aucun pays n'a adopté le système britannique en dehors de ceux qui dépendent immédiatement du Royaume-Uni et des États-Unis. Cet argument historique, comme aussi la comparaison des avantages des deux systèmes, nous montre que le système britannique n'a aucune chance d'être adopté par les pays qui n'en font pas actuellement usage. Au contraire, le système métrique est en constant progrès même dans les pays possédant le système britannique, tandis que le système britannique est toujours en recul. Le sort final des deux systèmes est donc absolument certain; et, plus on attendra pour introduire définitivement le système métrique aux États-Unis, plus on prolongera la difficile période de la coexistence des deux systèmes. Car il est indéniable que déjà, à l'époque actuelle, les deux systèmes y sont employés simultanément; le système britannique dans les transactions commerciales intérieures, le système métrique dans tous les travaux scientifiques et dans la plus grande partie du commerce extérieur.

Question 28. — *Un semblable changement ne serait-il pas funeste à l'industrie nationale et aux échanges commerciaux avec les autres pays et n'aurait-il pas pour résultat des années de confusion dans les milieux industriels et commerciaux ?*

Réponse 28. — La réponse à la question précédente montre que l'adoption du système métrique ne sera pas funeste à l'industrie, mais qu'elle aurait pour résultat de développer considérablement et rapidement les échanges commerciaux entre tous les pays. L'exemple de l'adoption du système métrique par l'Allemagne démontre que la confusion n'est pas à redouter.

Question 29. — *Un pays essentiellement industriel comme les États-Unis pourrait-il, en se basant sur les résultats obtenus en France, effectuer la transformation radicale de son système de poids et mesures*

dans la durée de cent ans? Les avantages qui résulteraient éventuellement de cette transformation seraient-ils de nature à compenser toutes les pertes que les États-Unis risqueraient de subir pendant ce laps de temps?

Réponse 29. — La transformation du système actuel employé aux États-Unis en système métrique pourrait être effectuée en fort peu de temps. Il suffit pour cela que le système soit imposé en vue de vaincre la routine et l'apathie de gens habitués à se servir d'un système et qui ne veulent pas faire les efforts d'intelligence nécessaires pour en prendre un autre, ce que Frédéric Bramwell résumait dans cette phrase : « I am too old dog to learn new tricks ».

Du reste, les autorités auront un auxiliaire puissant dans les relations internationales et dans la simplicité même du système métrique, tant au point de vue intrinsèque qu'au point de vue de la rapidité des calculs, simplicité qui fait que tous les étrangers qui le connaissent ne peuvent plus s'en passer. C'est ce qui arrive notamment chez tous les électriciens d'Amérique, qui font leurs calculs d'après le système C. G. S., dérivé immédiat du système métrique.

Question 30. — *L'importance du commerce d'importation et d'exportation de la France est-elle beaucoup plus considérable avec les pays qui ont adopté le système métrique qu'avec les autres. En supposant que ces derniers se rallient au système métrique, en résulterait-il un accroissement du commerce en France. Si oui, dans quelles conditions et pour quels produits cet accroissement se manifesterait-il?*

Réponse 30. — La réponse à la question 21 dispense de répondre à la question 30. Quant à prévoir le résultat et la valeur de l'accroissement du commerce et sur quel produit cet accroissement pourrait se manifester, nous avouons ne pouvoir répondre à une question ainsi posée.

OBSERVATION

Le questionnaire n'a point visé les mesures en usage dans les industries textiles. Nous croyons utile de donner quelques renseignements à ce sujet.

A part les fils de lin et de jute qui, en raison de la prépondérance de la filature anglaise sur le marché international, sont encore dévidés au paquet de 360 000 yards et de poids variable,

tous les dévidages usités en France ont pour base le mètre et le gramme ou ses multiples (kilogramme ou demi-kilogramme).

Les congrès internationaux tenus depuis 1878, en vue de l'unification du numérotage des fils, ont eu pour objet de recommander à tous les pays industriels l'adoption du système métrique et, en même temps, de ramener la longueur de l'écheveau-type au kilomètre, de telle sorte que le *numéro* indique, dans tous les cas, le nombre de kilomètres de fil compris dans un kilogramme.

Cette unification, destinée à faciliter les calculs individuels aussi bien que les transactions internationales, est en voie de réalisation et constitue une nouvelle consécration du système métrique et décimal.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

SUR LA

PRÉPARATION MÉCANIQUE DES MINERAIS

PAR

M. Paul MACHAVOINE

Nous ne parlerons pas aujourd'hui de la préparation mécanique des minerais au point de vue de l'étude des installations des usines de traitement, ni de l'opportunité qu'il y a à employer, dans tel ou tel cas, tel ou tel appareil de préférence à tout autre.

Notre collègue, M. Lenicque, a fait à ce sujet, le 5 décembre 1902, une très intéressante communication à laquelle je n'ai rien à ajouter à ce point de vue, et il l'a faite avec toute l'autorité que peut lui donner une pratique de 25 années dans cette industrie.

La préparation mécanique des minerais paraît à première vue d'une certaine simplicité et cependant, c'est une question des plus complexes qui n'est pas toujours étudiée avec tout le soin et toute l'importance qu'elle comporte et qui donne, par suite, lieu dans la pratique à de nombreux déboires que l'on peut facilement éviter par une étude très serrée de cette question.

Nous ne traiterons ici que quelques considérations qui, tout en étant subsidiaires, sont d'une importance considérable dans la question de la préparation mécanique des minerais.

M. Lenicque s'est placé au point de vue de l'Ingénieur-Constructeur des appareils, nous nous placerons au point de vue de l'Ingénieur-Conseil de la mine, c'est-à-dire que nous allons déterminer dans quelles conditions l'installation d'un atelier de préparation mécanique doit être étudiée avec le constructeur spécialiste, en ayant soin de tenir compte de la question administrative qui doit jouer le rôle principal dans l'exploitation d'une mine et le traitement de son minerai.

Qu'est-ce que la préparation mécanique des minerais?

La préparation mécanique des minerais est, on le sait, une opération qui consiste à traiter mécaniquement un minerai *brut*

extrait de la mine afin de le rendre *marchand*, c'est-à-dire de le rendre vendable à des usines métallurgiques.

Rendre un minerai *marchand*, c'est lui donner une valeur marchande, en un mot, c'est obtenir une épuration plus ou moins complète de ses parties stériles, et lui donner, par cela même, après cette épuration, une valeur plus grande que celle que possédait le minerai brut.

La première chose que doit donc faire l'Ingénieur directeur d'une mine, est de se rendre exactement compte du ou des filons que comporte l'exploitation, et des minerais qui les composent; dans certains cas en effet, une mauvaise étude préalable des diverses colonnes minéralisées d'un filon, aboutit à une mauvaise conception dans l'installation de l'atelier de préparation mécanique.

Il faut en effet, non pas s'occuper de telle ou telle colonne rencontrée dans le filon et d'un rendement supérieur à la moyenne, mais bien de cette moyenne de minerai que l'on aura à traiter dans l'atelier à prévoir.

Ainsi, ce serait une grave erreur que de monter un atelier de préparation mécanique pour un minerai galéneux par exemple, contenant 5 0/0 de plomb, alors que d'autres colonnes. moins riches comme teneur en plomb viendraient faire tomber la moyenne à 2 et 3 0/0 : il tombe sous le sens que l'installation et le réglage des divers appareils de l'atelier ne seraient pas les mêmes dans les deux cas, et que tel atelier fonctionnant très bien avec du minerai à 5 0/0 tomberait à un rendement bien inférieur si on ne lui livrait à traiter que du minerai à 2 0/0; là, il y aura à accuser l'imprévoyance de l'Ingénieur tandis que celui-ci accusera certainement le manque de soins du constructeur dans l'étude de sa laverie.

On peut en conclure que, pour qu'un atelier de préparation mécanique remplisse absolument le but que la Société minière se propose en installant cet atelier, il faut qu'il y ait entente complète entre son Ingénieur directeur supposé connaissant parfaitement son minerai et l'Ingénieur-constructeur choisi par cette Société, ce dernier, supposé également, connaissant toutes les finesses de son métier, c'est-à-dire, ayant déjà vu et traité toutes les sortes de minerais se rapprochant plus ou moins de celui à traiter.

Séparation des minerais complexes.

A ce moment de l'étude de la laverie, il faudra faire intervenir certaines questions très importantes, touchant, presque, à l'administration de la Mine.

Etant donné par exemple un minerai qui contient 22 0/0 de zinc et 2 0/0 de plomb, est-il utile de chercher à séparer le plomb du zinc ?

Pour rendre la blende vendable, il suffit de l'enrichir à 50 0/0 environ, ce qui correspond au traitement de 2,5 *t* de minerai à 22 0/0 qui, théoriquement donneraient du 55 0/0 en étant réduites à 1 *t*, mais pratiquement, la teneur ne dépassera guère 50 à 52 0/0 ; dans cette opération, qu'est devenue la galène ? si nous n'avons pas cherché à la séparer de la blende, elle a subi une concentration telle que la teneur en plomb du minerai blendeux est de 5 0/0 par exemple : cela constituera une teneur plombeuse qui ne nuira pas à la valeur marchande de la blende, les fondeurs ne nous paieront pas ce plomb, c'est vrai, mais si nous avions cherché à séparer ce plomb dans le minerai blendeux, il eut fallu écraser plus finement ce minerai, ce qui nous eut entraîné forcément, par le lavage, à une perte plus ou moins considérable en plomb et en zinc par la production de matières impalpables, il y aurait eu une perte de temps et d'argent par les repassages du minerai dans les broyeurs et dans les divers appareils, on devrait tenir compte également de l'usure qui en résulterait, bref, on aurait dépensé plus d'argent qu'on ne retirerait par la vente du plomb séparé.

Donc, dans ce cas, si l'Ingénieur-constructeur, pour montrer la perfection de son outillage, conseille de faire la séparation, du reste facile en théorie, mais plus difficile qu'on ne veut bien le croire dans la pratique, l'Ingénieur-directeur devra, pour montrer ses qualités administratives et son désir d'économiser des frais de construction et de main-d'œuvre, s'opposer énergiquement à une pratique qui, pour présenter plus de précision serait contraire à l'économie qui doit toujours présider dans un traitement industriel.

Ceci est un exemple simple pour fixer les idées ; on pourrait en citer beaucoup d'autres plus ou moins compliqués, mais cela nous entraînerait beaucoup trop loin.

Limite de concentration des minerais.

Il y a encore une question dans laquelle l'Ingénieur directeur doit intervenir, tant au moment de l'étude de la laverie qu'à celui de la mise en marche, c'est la question de la limite de la concentration, c'est-à-dire de l'enrichissement que l'on doit chercher à obtenir.

L'épuration d'un minerai, avons nous dit, donne à celui-ci une valeur plus grande que celle attribuée au minerai brut : on comprend également que cette valeur va en augmentant avec la richesse en métal du minerai, c'est-à-dire avec sa teneur ou son enrichissement et l'on se pose immédiatement le problème suivant :

Doit-on enrichir un minerai le plus possible et doit-on lui donner la teneur théorique maxima du minerai marchand ?

Théoriquement, on conçoit fort bien que l'idéal serait, par exemple pour une galène, d'arriver à l'enrichissement de 80 0/0 de plomb en éliminant d'une façon absolue toute la gangue stérile, on y arriverait sûrement dans la pratique mais comme l'a fait remarquer M. Lenicque dans sa communication, cet enrichissement maximum ne peut être obtenu qu'en broyant et rebroyant de plus en plus fin le minerai pour séparer pour ainsi dire les dernières molécules de galène des dernières molécules de gangue ; de là, la production d'impalpables donnant une perte de matière d'autant plus préjudiciable au point de vue économique que, dans le cas particulier de la galène, ce sont les parties les plus argentifères qui se réduisent le plus en poussière.

Il y a donc une limite supérieure à ne pas dépasser dans l'enrichissement d'un minerai et le problème à résoudre devient alors le suivant : *Jusqu'à quelle teneur doit-on enrichir un minerai pour obtenir le maximum de rendement économique?*

Il est de toute évidence qu'on doit enrichir un minerai brut de telle sorte que, le minerai obtenu après concentration, sous un poids moindre, présente une valeur intrinsèque plus élevée que ce minerai brut, cette valeur est appelée valeur *lecomine*.

On peut dire, par exemple, que pratiquement il ne faut pas dépasser 70 0/0 de plomb dans l'enrichissement d'une galène et qu'il ne faut pas tomber au-dessous de 50 0/0 dans cette concentration.

Comment établir le degré réel d'enrichissement à adopter ?

C'est là qu'intervient toute une série de variables que l'Ingénieur-Directeur d'une mine métallique seul peut déterminer pour établir la formule qui lui permettra de résoudre cette question importante.

La valeur *locomine* d'un minerai dépend complètement de ces variables, et elles sont nombreuses ; elle dépend notamment de la situation géographique de la mine, de la plus ou moins grande proximité des usines métallurgiques, de la facilité ou de la difficulté des transports, des moyens de transport grevant plus ou moins le prix de revient de la tonne de minerai concentré, de la question combustible, main-d'œuvre, etc.

En effet, si la fonderie est à proximité de la mine, la question du prix de transport est très faible, il y a intérêt à enrichir le moins possible, c'est-à-dire pour le cas de la galène, à s'en tenir à 50 0/0 de plomb pour éviter les pertes dues à l'écrasage trop fin.

Si l'on fond à la mine même, ce qui constitue évidemment le minimum de frais de transport, il faut encore s'arrêter à 50 0/0 comme enrichissement pour éviter d'avoir à fondre de la gangue inutile, ce qui entrainerait une dépense inutile de combustible.

Si le prix du combustible est élevé, il faudra même, peut-être encore, pousser l'enrichissement au delà de 50 0/0 pour diminuer les frais de fusion.

Si nous continuons à rester dans l'hypothèse de la fonderie annexée à la mine, la question de main-d'œuvre pourra encore jouer un rôle dans le prix de revient du minerai à enrichir et par suite avoir une influence sur la question de la limite de l'enrichissement à obtenir.

Si maintenant, au contraire, nous avons à transporter le minerai pour le vendre à une fonderie située plus ou moins loin de notre exploitation minière, il y aura là, à tenir compte des frais de transport qui sont de plus en plus considérables au fur et à mesure de l'éloignement plus ou moins grand de la fonderie.

Il faut aussi, dans ce cas, tenir compte de la nature des emballages du minerai qui viennent grever d'une façon très sérieuse le transport de ce minerai, il suffit en effet, d'un ou plusieurs sacs crevés en cours de route pour représenter une perte sensible; il faut donc avoir des emballages sérieux et c'est encore là une question qui varie pour chaque mine suivant les difficultés de transport et le nombre de transbordements à faire subir aux minerais.

Dans certains pays, comme l'Espagne, par exemple, il faudra tenir compte des frais de douane à la sortie, il faudra tenir compte des frais de douane d'entrée dans d'autres pays, etc.

On voit donc combien d'éléments variables entrent dans l'appréciation du degré d'enrichissement auquel on doit s'arrêter définitivement dans une laverie mécanique traitant un minerai de plomb; tous ces éléments de calcul peuvent s'appliquer à tout autre minerai, de cuivre, d'étain, d'antimoine, etc. et la variété de ces éléments est telle, que s'il est possible d'établir une formule pour chaque mine en particulier, il devient, pour ainsi dire impossible, d'établir une formule générale s'appliquant à tous les cas.

Nous allons, à titre d'exemple, citer un cas très simple.

Pour déterminer la valeur locomine d'un minerai de plomb argentifère, par exemple, prenons la formule la plus simple, celle adoptée à l'Horcajo, il y a quelques années.

$$PT + pt - D,$$

P représente le prix de la tonne de plomb à Londres,

p — — du kilogr. d'argent —

T et t représentent les teneurs 0/0 du plomb et de l'argent contenus dans le minerai.

D représentant, par tonne, la défalcation admise par les fondeurs pour frais de transport et de fusion, pour pertes au transport, pertes à l'usine et au traitement, pour l'intérêt du capital, le bénéfice de l'usine, etc.

Cette valeur D est très variable, car elle dépend non seulement de la situation de la mine, mais encore des usines métallurgiques qui feront des conditions plus ou moins favorables aux mines dans les achats de minerais, la concurrence commerciale, s'il y a lieu, étant un facteur important à ne pas négliger de la part du vendeur.

V représentera la valeur locomine, et nous pourrons écrire:

$$(1) \qquad V = PT + pt - D,$$

c'est-à-dire que la valeur locomine d'un minerai enrichi est la valeur brute, c'est-à-dire la valeur de tout le métal contenu dans une tonne de minerai enrichi, diminuée des frais de transport et de traitement métallurgique.

Voici comment M. Fléchet a établi la formule d'enrichissement dans ce cas particulier.

Supposons N tonnes de minerai brut à enrichir; après enrichissement, il nous restera n tonnes, la perte à l'enrichissement sera représentée par $(N - n)$.

Et $D (N - n)$ représentera l'économie de transport et d'enrichissement réalisée par cette concentration, car, à chaque tonne de stérile enlevée, j'économise D francs comme frais.

On voit donc que si $D (N - n)$ est plus grand que la perte du métal produit par cet enrichissement, l'opération aura donné lieu à un bénéfice et que si, au contraire, $D (N - n)$ est plus petit que cette perte, on aura obtenu une perte sèche pour l'enrichissement.

De plus, ce bénéfice que l'on cherche à obtenir doit également couvrir les frais F d'enrichissement. Et l'on peut alors poser comme formule d'enrichissement dans ce cas très simple qui nous occupe :

$$D (N - n) > P + F. \tag{2}$$

On voit immédiatement d'après la formule (1) que si une tonne de minerai contient pour D francs de métal, cette tonne vaudra 0 franc.

Car si v représente la valeur du métal, l'on pose :

$$V = v - D,$$

et que $$v = D,$$

on a $$V = 0.$$

D'où il s'ensuit qu'il y a lieu de rechercher quelle sera la quantité de métal que devra contenir le minerai pour que ce minerai vaille 0.

Prenons un minerai contenant 1 0/0 de plomb par exemple, et supposons que la tonne de ce minerai vaille a francs.

Quand une tonne de minerai vaudra D francs elle contiendra $\frac{D}{a}$ 0/0 de plomb.

Si donc le minerai a une teneur $< \frac{D}{a}$ 0/0 de plomb, ce minerai aura une valeur négative.

Si ce minerai a une teneur égale à $\frac{D}{a}$ 0/0 il aura la valeur 0.

Si ce minerai a une teneur $> \frac{D}{a}$ 0/0 il aura une valeur positive.

Donc chaque fois que l'on enrichira le minerai considéré et que cette opération coûtera moins de $\frac{D}{a}$ 0/0 de plomb, on aura augmenté la valeur de ce minerai.

Il y a donc lieu de rechercher dans chaque cas particulier quelle est la teneur maximum à laquelle on doit enrichir son minerai afin d'obtenir le maximum de bénéfice.

Ainsi à l'Horcajo, la limite inférieure d'enrichissement était de 55 0/0 et la limite supérieure 70 0/0, en descendant au-dessous de 55 0/0 les frais de transport augmentaient et par suite le bénéfice diminuait, au delà de 70 0/0 les frais de préparation mécanique venaient diminuer nos bénéfices en diminuant notre rendement en minerais marchands et en augmentant les frais de manipulation.

Ces frais de préparation mécanique sont également très variables, suivant, non seulement la nature des minerais, celle de leurs gangues, mais encore suivant les appareils plus ou moins perfectionnés de lavage et suivant aussi les conditions économiques de chaque mine.

L'attention de tous les ingénieurs et directeurs de mines métalliques, doit donc se porter sur la question de la préparation mécanique aussi bien que celle des Administrateurs de ces mines qui doivent rechercher dans l'ingénieur qui a leur confiance, non seulement les qualités de bon exploitant, mais encore celles de bon administrateur.

Pertes forcées dans la préparation mécanique des minerais.

De même que la question de savoir dans quelles conditions rationnelles, économiques et fructueuses, un minerai doit être soumis à la préparation mécanique, n'est pas, dans la plupart des cas, suffisamment étudiée et mise au point avec toute l'importance qu'elle comporte, de même les pertes dans cette préparation mécanique ne donnent que rarement lieu à une étude approfondie comme elle devrait l'être.

Il faut, à ce sujet, mettre en garde les administrateurs ou propriétaires de mines contre une certaine illusion qu'ils possèdent généralement et que quelques Ingénieurs partagent trop souvent avec eux.

Généralement, pour ne pas dire toujours, les pertes dans une

laverie mécanique sont beaucoup plus considérables qu'on ne le suppose et elles n'attirent pas suffisamment l'attention des Ingénieurs dirigeant les ateliers de lavage et les directeurs de l'exploitation.

Il ne faut pas, en effet, s'imaginer que, parce qu'un minerai brut contient des éléments d'une assez grande différence de densité, il sera facile de séparer complètement ces éléments, c'est-à-dire, sans perte, ou du moins avec une perte insignifiante.

C'est là une idée théorique qui est surtout propagée par l'enseignement même dans les écoles et par les livres, et qui, en pratique, est éminemment fausse.

Prenons, par exemple, un minerai complexe de galène à 7,5 de densité et de blende à 4; il s'ensuit que, dans l'eau, les densités sont respectivement 6,5 et 3, c'est-à-dire du simple au double, donc, théoriquement, quoi de plus facile que de séparer ces deux minerais, la règle pratique pour établir l'échelle des grosseurs de classification $\frac{D}{D'}$ seraient, dans ce cas, très simple $\frac{6,5}{3} = 2,166$ pour la raison géométrique, mettons 2 pour prendre un chiffre rond et nous obtenons immédiatement l'échelle suivante qui est la plus généralement adoptée d'ailleurs en préparation mécanique :

$$1 — 2 — 4 — 8 — 16, \text{ etc.}$$

Malheureusement, la nature ne présente pas les choses aussi simplement que cela; il arrive qu'une grande partie du mélange blende et galène est tellement intime que la moitié, les trois quarts et quelquefois la totalité doit être broyée au-dessous de 1 *mm* pour arriver à séparer les petits cristaux de l'un et de l'autre minerai. Or, s'il est facile de séparer ce qui constitue véritablement les grenailles et même les sables jusqu'à un quart de millimètre au moyen de cribles filtrants, il est difficile de séparer les schlammes, puisque le poids intrinsèque de chaque petit cristal de minerai est tellement faible, que la différence de densité a peu d'action sensible par la chute dans l'eau.

Tout le monde sait que dans les schlammes infiniment fins, il y a une perte fatale et inévitable, quel que soit l'appareil employé, perte qui varie de 20 à 30 0/0 et même quelquefois atteint 40 0/0 du minerai contenu dans ces schlammes; de là une perte

sèche qui tient, non pas à l'installation même de l'atelier de préparation mécanique, mais à la nature même du minerai.

Dans d'autres cas, si on a une très petite quantité de galène par rapport à la blende ou réciproquement, il est parfaitement évident qu'à la rigueur on pourra séparer les deux minerais, mais le plus souvent il y aura intérêt à ne pas faire cette séparation, pourvu que la proportion de plomb ne dépasse pas 6 ou 7 0/0 dans le minerai de zinc, vu qu'il est marchand jusqu'à cette teneur en plomb, et de même pour la galène qui peut contenir, sans inconvénient, de 6 à 8 0/0 de zinc, qu'il est inutile de chercher à séparer en dépensant de l'argent, du temps, de la main-d'œuvre, etc., pour obtenir une perte de galène, plus ou moins argentifère, par suite de la surproduction de schlammes par l'excès inévitable du broyage.

Les quantités de plomb ou de zinc laissées dans le minerai de blende ou dans le minerai de plomb sont perdues par le vendeur, car l'acheteur ne paie pas d'aussi petites quantités de métal qui, même en faibles quantités, sont encore nuisibles pour sa fonte.

Dans une galène argentifère contenant seulement du plomb et de l'argent sans interposition d'aucun autre métal étranger, tel que *Zn*, *Cu*, etc., on peut supposer l'argent intimement lié au plomb, on ne perdra donc qu'un seul métal dans les schlammes et l'on peut ainsi considérer la galène argentifère comme un minerai simple, tandis qu'un minerai de blende et galène sera considéré comme un minerai complexe.

Prenons une laverie mécanique de galène argentifère ; la perte à la préparation mécanique étant, par exemple, de 20 à 25 0/0 de plomb, on aura, en argent, une perte d'au moins 25 0/0 : ces pertes sont déterminées par les quantités de plomb et d'argent du minerai brut entrant à la laverie, diminuées des quantités de plomb et d'argent contenues dans le minerai lavé, la différence entre les deux quantités représente la perte.

On peut établir ces quantités, c'est-à-dire cette perte d'une laverie mécanique par une série d'échantillonnages du minerai brut, en les analysant et en prenant une moyenne ; mais ces échantillonnages sont très difficiles à faire et nécessitent des expériences fort longues. On comprend aussi qu'il faille très fréquemment contrôler ces échantillonnages afin de contrôler les pertes d'une laverie. De plus, on devra très souvent prendre des échantillons de stériles et de minerais lavés, et ce pour chaque grosseur.

En analysant ces échantillons, on connaîtra les quantités de métal contenues dans les minerais et perdues dans les stériles.

La perte dans une laverie mécanique peut se représenter par l'équation suivante :

$$\frac{xt}{100} - \frac{yt'}{100} = \text{perte.}$$

x et y représentent les quantités en tonnes, de minerai brut et de minerai lavé.

t et t' les teneurs des minerais bruts et des minerais lavés.

On voit qu'en théorie ce sera un calcul très peu compliqué, mais en pratique, il n'en est plus de même, car l'échantillonnage devant être rigoureusement exact, cette opération devient très délicate, très difficile, et partant, peu pratique.

Il existe une seconde méthode de calcul plus compliquée, mais plus exacte et même plus pratique.

Elle consiste à se servir des prises d'échantillonnages des stériles et des minerais lavés ayant servi au contrôle de la marche de la laverie ; c'est la méthode préconisée par M. Fléchet à l'Horcajo.

Supposons une entrée de 100 t brutes dans la laverie et retrouvées sous la forme suivante, et supposons également que les prises d'échantillons aient donné comme teneur à l'analyse :

100 t	Stériles rejetés.	Roches	18 t à 1/40/0 Pb.
		Grenailles	35 t à 1/30/0 —
		Fines	20 t à 1/20/0 —
		Schlammes	5 t à 1 0/0 —
		Minerai lavé	10 t à 60 0/0 —
		Perte par entraînement	2 t à 2 0/0 —

Calculons le plomb contenu dans les 10 t de minerai lavé, soit M, puis le plomb contenu dans chacune des classes de stériles, soit :

$$a + b + c + d = \text{N.}$$

Nous aurons donc comme entrée de plomb dans la laverie, sauf la perte à l'entraînement :

$$\text{M} + \text{N} = \text{R.}$$

Il restera à calculer combien N constitue de 0/0 de R, ce sera la perte de métal entré dans la laverie ; on verra ensuite si R concorde bien avec le plomb contenu dans les échantillonnages et avec les analyses faites sur les minerais bruts directement.

Ces calculs n'ont pas besoin d'être d'une précision si rigoureuse et l'on s'en tient généralement, dans la plupart des cas, à une approximation.

Supposons, par exemple, que les stériles ne contiennent que 1/2 0/0 de plomb, et admettons que sur les 100 *t* de minerai brut, nous sortions 10 *t* de minerai lavé à 60 0/0.

$$100\ t \begin{cases} 10\ t \text{ minerai lavé à } 60\ 0/0 = 6\,000\ kg \text{ de plomb.} \\ 90\ t \text{ stériles à } 0{,}50\ 0/0 = 450\ kg \text{ de plomb,} \end{cases}$$

d'où l'on peut poser :

$$M = 6\,000,$$

$$N = 450,$$

$$M + N \cdot R = 6\,450,$$

et

$$N \quad \frac{450 \times 100}{6\,450} \text{ de R,}$$

c'est-à-dire

$$N \cdot 7{,}3\ 0/0 \text{ de R.}$$

La perte de la laverie serait donc de 7,3 0/0 de plomb.

Or il n'existe pas de préparation mécanique de minerais dont la perte ne se chiffre pas par 25 0/0 de métal, si bien conduite que soit cette préparation mécanique.

Prenons maintenant cette perte de 25 0/0 comme une moyenne et voyons quel est le résultat sur la production.

Nous sommes à l'Horcajo, par exemple, où les laveries produisaient 8 000 *t* de minerai lavé par an.

La perte était donc de 2000 *t* de minerai lavé ayant une valeur de ± 900 000 *f*.

Remarquons, en passant, que si l'on calculait la valeur brute du métal perdu, ce n'est pas 900 000 *f*, mais bien 1 200 000 *f* de perte qu'il faudrait compter, mais comme le métal est perdu à l'état de minerai, lequel devra être transporté et fondu à l'usine, il y a lieu de déduire de ce dernier chiffre les frais de transport et de fusion.

Cette perte de 900 000 *f* on le voit, constitue un facteur important du prix de revient du lavage.

Il en existe encore deux autres, non moins importants, ce sont les dépenses de lavage comprenant, et la main-d'œuvre, et les fournitures.

A l'Horcajo, ces frais se montaient à ± 300 000 *f* par an.

On voit donc que la préparation mécanique à l'Horcajo pouvait se chiffrer par :

Perte en minerai	900 000 *f*
Main-d'œuvre	300 000 *f*
TOTAL	1 200 000 *f*

C'est-à-dire que le coût du lavage n'est que les 25 0/0 du prix de revient total de la laverie, et que les pertes constituent les 75 0/0 de ce prix de revient.

D'où l'on peut déduire :

Qu'il est plus important de s'occuper des pertes produites par le lavage que des dépenses mêmes de ce lavage, et qu'il faut plutôt chercher à éviter d'économiser la main-d'œuvre avant d'avoir bien observé si cette économie n'entraînera pas, d'un autre côté, une perte, c'est-à-dire une dépense plus considérable.

Cette observation s'adresse surtout aux mines de galène argentifères où c'est principalement de l'argent que l'on perd par le lavage.

Dans un minerai de valeur médiocre, minerai de fer par exemple, on peut augmenter la perte sans inconvénient, en économisant sur la main-d'œuvre qui devient alors le facteur principal.

En Espagne, notamment, la question « main-d'œuvre » est un facteur des plus sérieux et des moins négligeables et sur lequel nous appelons tout particulièrement l'attention des Ingénieurs appelés à la direction d'affaires minières.

Nous sommes généralement éloignés de tout centre industriel et souvent même commercial, les communications souvent difficiles, et l'ouvrier laveur ou manœuvre n'a que la mine pour vivre, lui et les siens, si donc vous ne faites pas gagner à cette classe de la population des salaires suffisants aux besoins de toute une famille, il faudra que vous augmentiez le salaire propre de cet ouvrier. C'est pourquoi on doit s'astreindre, en Espagne en particulier, à employer le plus de membres possible d'une même famille.

Nous devons admettre, par exemple, qu'une famille composée du mari, de la femme et de deux enfants, a besoin de 5 pesetas par jour pour son existence, et nous devons faire en sorte, dans ce cas, que le mineur gagne 5 pesetas de salaire.

Tandis que si nous employons la femme et les enfants à la laverie, nous pourrons établir les salaires suivants :

Le mari.	3,50 pesetas.
La femme. . . .	1,00 —
1 enfant.	0,50 —
TOTAL. . .	5,00 pesetas.

On voit donc que, pour la même dépense, la Compagnie a trois ouvriers à sa disposition au lieu d'un seul; la conduite du travail de lavage est mieux établie et cela sans augmentation de salaire.

De plus, si le mari travaille seul, et qu'il ne soit payé que 3,50 pesetas, ce salaire sera insuffisant pour le faire vivre lui et les siens, et cet ouvrier cherchera ailleurs la subsistance de sa famille, c'est un ouvrier que l'on perdra.

Enfin, pour terminer ces considérations générales, nous dirons un dernier mot.

Il est toujours indispensable de ne pas négliger d'étudier les nouveautés qui surgissent en matière de préparation mécanique et même, comme cela se fait dans certaines administrations minières, lorsqu'une exploitation réalise des bénéfices, on devrait toujours établir un petit compte de réserve destiné à faire l'achat de chaque nouvel appareil qui apparaît, ou du moins à couvrir les dépenses d'essais sérieux faits chez les inventeurs ou les constructeurs qui préconisent cet appareil. On éviterait ainsi, d'une part, de laisser échapper l'occasion d'adopter une bonne invention, et, d'autre part, de se laisser entraîner à adopter inconsidérément tout un ensemble d'installation nouvelle sans que la preuve en ait été faite auparavant. En agissant de cette façon, on évitera et l'enlisement dans la routine et des excursions hasardeuses au milieu d'inventions nouvelles non consacrées par l'expérience.

LA TRACTION ÉLECTRIQUE

ET

LES TRAINS A UNITÉS MULTIPLES[1]

PAR

M. Jean de TRAZ.

L'application de la traction électrique aux chemins de fer proprement dits est certainement, parmi les questions concernant l'art de l'ingénieur, une de celles qui présentent le plus grand intérêt d'actualité.

La traction électrique a déjà fait ses preuves pour l'exploitation des réseaux de tramways, et il est d'ores et déjà démontré que ses avantages suffiraient dans un grand nombre de cas à en justifier l'emploi pour les chemins de fer, lorsqu'il y a lieu d'installer une ligne nouvelle. Même, en ce qui concerne les réseaux déjà exploités par la vapeur, il se trouve en France un certain nombre d'esprits convaincus que pour la banlieue et les lignes assimilables à des métropolitains, la transformation s'impose.

En Italie et en Angleterre, aussi en Allemagne, et surtout en Amérique, nous avons été devancés dans la voie de la transformation des lignes. Il n'est point douteux que, tôt ou tard, nous ne suivions ces exemples qui semblent devoir très rapidement se multiplier.

Je n'entreprendrai point, Messieurs, une discussion des avantages généraux de la traction électrique, ni la recherche, pourtant possible, des cas dans lesquels elle est à adopter.

Je dois restreindre mon sujet.

Je laisserai donc également de côté la discussion si intéressante de la forme sous laquelle il est préférable de produire, transporter jusqu'aux trains et employer dans les moteurs le courant électrique.

Je vous parlerai spécialement de la répartition des moteurs

(1) Communication présentée à la séance du 17 juillet 1903.

sur les trains et des principes qui doivent servir de base à l'exploitation des lignes électriques.

Je commencerai par vous présenter un résumé de l'histoire de la traction électrique en appelant particulièrement votre attention sur le développement récent et considérable des « trains à unités multiples », qui justement sont caractérisés par la répartition de leurs moteurs et par des propriétés spéciales permettant une exploitation des réseaux toute différente de l'exploitation actuelle.

On appelle trains à unités multiples des trains sans locomotives, homogènes, formés chacun d'un ou de plusieurs éléments semblables les uns aux autres par leur contenance, par la puissance de moteurs qu'ils comportent et par la répartition de ces moteurs (ou, ce qui revient au même, par le rapport du poids adhérent au poids total).

Qu'un train comporte deux, trois ou un plus grand nombre d'éléments (d'« unités »), il y aura toujours pour son ensemble, la même puissance et le même poids adhérent par tonne.

Il est bien évident que les moteurs des différents éléments réunis en un même train doivent obéir à la commande unique du mécanicien placé en tête qui dirige toujours à l'aide des mêmes manœuvres la rame entière, quelle que soit sa longueur.

Si l'on coupe en plusieurs portions le convoi primitif, chaque portion devient un train indépendant; si inversement plusieurs trains manœuvrés séparément viennent s'atteler les uns aux autres, l'ensemble qu'ils formeront obéira à la commande d'un seul mécanicien qui devra se placer, bien entendu, à une extrémité.

A la suite de la partie historique par laquelle je débuterai, j'étudierai de plus près les avantages des trains à unités multiples, notamment pour l'exploitation des lignes de banlieue et des métropolitains. Je terminerai en vous exposant très sommairement les quelques systèmes employés pour la réalisation pratique de ces trains.

Historique.

Dès 1830, la traction électrique fut envisagée; et vers cette époque on tenta quelques expériences qui ne pouvaient malheureusement conduire à aucun résultat pratique, parce qu'on ne disposait que de sources d'électricité extrêmement faibles, et parce

que les moteurs employés étaient des machines magnéto-électriques.

Mais, aussitôt après la découverte de la reversibilité des dynamos, la traction électrique sortit du domaine chimérique, et en 1879 on vit à l'Exposition de Berlin un petit train électrique constitué d'une locomotive et de trois voitures à voyageurs, équipé par la Maison Siemens et Halske.

L'année suivante, Edison faisait rouler en Amérique une locomotive électrique de dimensions plus importantes.

Field et Daft en 1883, Van de Poele en 1885 en établirent également.

Pourtant, alors qu'il existait déjà depuis 1881 plusieurs lignes de tramways électriques en Europe, on ne trouve aucune entreprise de traction électrique aux États-Unis avant 1885, époque à laquelle fut établie une ligne entre Windsor et Baltimore.

Mais les Américains se livraient à de sérieuses études sur l'application du moteur électrique qui devaient leur permettre de rattraper plus tard avec une très grande rapidité l'avance prise par l'Europe.

C'est ainsi que Van de Poele et Frank J. Sprague se livraient aux importantes recherches qui ont assuré à leurs noms un impérissable souvenir.

En même temps qu'il faisait ses remarquables travaux sur le moteur électrique et sur son mode de suspension, sur le trolley et l'emploi des feeders, Sprague avait déjà en vue l'idée du « Multiple Unit System ».

Il avait été, un des premiers, frappé de l'avantage qu'il y aurait au point de vue du poids adhérent à répartir les moteurs sous les voitures ordinaires, au lieu de constituer un véhicule exclusivement tracteur; et, en 1885, il indiqua aux membres de la Society of Arts, à Boston, la possibilité de réunir en un train plusieurs voitures équipées de moteurs.

Poursuivant le même but, il construisait en 1886 la première voiture électrique du type appelé *voiture-locomotive*. La « voiture-locomotive » sert, au même titre que la locomotive proprement dite, à la remorque de voitures ordinaires. Mais le nombre de ces voitures ordinaires se trouve réduit puisque la motrice contient elle-même des voyageurs, qui d'ailleurs ajoutent leur poids utile à celui du véhicule pour former le poids adhérent nécessaire, en rendant superflue l'adjonction de poids morts.

C'est à la suite d'essais entrepris à cette époque que la Sprague

Railway and Motor C° équipa à Richmond, dans des conditions particulièrement difficiles, la première ligne importante de tramways électriques.

Sprague poursuivait ses études générales sur la traction électrique, et équipait avec Duncan et Hutchinson la première locomotive puissante qui était de 1 000 *chx* et pesait 60 *t*. Cette locomotive comportait un asservissement de commande qui en simplifiait considérablement la manœuvre.

L'idée de la « voiture-locomotive » faisait cependant son chemin, et en 1890 s'était ouverte en Angleterre l'exploitation du City and South London, exploité par voitures-locomotives.

L'année 1892 marque le début d'un essor considérable de la traction électrique dû à un phénomène financier de même ordre que les créations de trusts qui depuis ces époques se sont tellement multipliées aux États-Unis.

La Sprague Railway and Motor C° qui s'était déjà fondue avec l'Edison C°, se réunit encore à la Thomson Houston C°, et l'agrégation de ces diverses firmes, possédant ensemble les principaux brevets relatifs à la traction électrique, prit le nom de General Electric C°.

Elle équipa, en 1893, l'Intramural Railway de l'Exposition de Chicago avec des voitures locomotives.

La même année, sur la ligne des Docks de Liverpool parurent les premiers trains à deux motrices; ils marquent l'origine des trains à « voitures locomotives doubles » qui constituent un pas de plus dans la voie de la répartition des moteurs sous les voitures à voyageurs et qui ont permis pour la première fois l'emploi de trains capables de changer de sens de marche sans manœuvres préalables, puisque chaque extrémité du train comporte une motrice qu'on peut munir d'un poste de commande.

Dans les trains de Liverpool, les moteurs des deux motrices étaient soumis à un même contrôle direct (c'est-à-dire sans asservissement).

En 1895 et 96 furent équipés les premiers métropolitains électriques américains, tous deux à Chicago. Ils furent munis de voitures-locomotives, ainsi que la ligne de Nantasket Beach qui fut mise en exploitation à peu près à la même époque.

Sprague continuait ses recherches sur la répartition des moteurs et aussi sur les diverses manières d'asservir la commande de leur marche, de façon à la rendre aussi simple que possible et à l'entourer de sécurités automatiques indépendantes

du conducteur dispensé de faire mouvoir à la main les appareils ayant action directe sur les circuits des moteurs.

Il avait déjà pris de nombreux brevets relatifs à cette question, et, après avoir acquis dans l'étude des ascenseurs électriques une grande expérieuce des systèmes d'asservissement de commande, il proposa à plusieurs Compagnies de Chemins de fer des dispositifs de réalisation pratique du système de trains auquel lui-même donna le nom de « Multiple Unit System », qu'on pourrait traduire par : « Système de trains électriques à unités autotrices multiples. »

En 1897, il fit la démonstration des avantages qu'il préconisait sur des voitures d'essai, et une nouvelle Compagnie portant son nom, la Sprague Electric C° obtint cette même année la commande d'un certain nombre de trains Multiple Unit, destinés à remplacer des trains à vapeur sur la South Side Elevated Railway de Chicago, malgré l'opposition considérable que les principales Sociétés d'électricité américaines faisaient à ses idées, qu'elles n'avaient point voulu admettre.

La Compagnie du South Side Elevated, à la suite des résultats de l'équipement partiel de son réseau, abandonna complètement la vapeur et commanda de nouveaux trains à la Sprague Electric C°.

D'autres équipements, commandés par le Brooklyn Elevated, donnèrent encore une satisfaction complète.

Alors les idées des Compagnies d'électricité changèrent; elles entreprirent des recherches dans la voie qu'avait tracée Sprague. Et la Compagnie Westinghouse monta à la fin de 1898, à Brooklyn, quelques équipements à unités multiples.

De son côté, tout en étudiant de quelle façon elle pourrait résoudre le problème de la traction par unités multiples sans imiter de trop près les dispositifs dont Sprague avait la propriété, la General Electric s'inspira de ce qui venait d'être fait à Londres, au Waterloo and City Railway, et équipa pour le Manhattan Elevated des trains à deux voitures-locomotives, munis de quelques perfectionnements sur ceux de la ligne des Docks de Liverpool. Malgré ces perfectionnements, ces trains durent par la suite être abandonnés en raison des accidents qu'ils provoquèrent.

Une véritable consécration du Multiple Unit System résulta bientôt des études entreprises par la Compagnie du Boston Elevated Railway, qui résolut d'équiper exclusivement sa ligne de trains à unités multiples.

La Sprague Electric, la General Electric et la Westinghouse équipèrent chacune un train d'essai à unités multiples, et après des expériences prolongées, le système Sprague fut adopté exclusivement.

Il y avait en Amérique, à cette époque, 359 voitures motrices propres à entrer dans la constitution de trains à unités multiples (dont 329 du système Sprague, 24 du système Westinghouse et 6 du système General Electric).

En France, la traction électrique sur les chemins de fer entrait dans une phase active.

La Compagnie du Chemin de fer Métropolitain de Paris mettait en service des trains à voitures-locomotives qu'elle devait bientôt accoupler deux par deux (constituant des trains de 8 voitures à voitures locomotives doubles) en raison du développement de son trafic.

La Compagnie de l'Ouest, où depuis longtemps se formait un personnel technique d'une compétence remarquable, et qui avait déjà grandement contribué au progrès des études de traction électrique, entreprit, pour l'Exposition, l'exploitation de la ligne Invalides-Champ-de-Mars, à l'aide de petits trains à 2 voitures-locomotives.

Puis elle décida de faire sur son réseau les premiers essais en Europe de la traction par unités multiples.

Elle commanda un train de 9 voitures dont 3 motrices à la Société française Sprague, qui venait de se former et d'acquérir la propriété des brevets Sprague français. Ce train fut lancé en 1901 sur la ligne nouvelle des Invalides à Versailles, et après 4 mois d'essais en service, fut définitivement acheté par la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest. Celle-ci acheta également quelque temps après un train Multiple Unit, comportant deux motrices, à la Compagnie française Thomson-Houston, qui possède les brevets français de la General Electric C°.

Ces deux trains sont régulièrement en service depuis cette époque, sur la ligne électrique de Versailles.

En 1901, s'était ouverte également à l'exploitation la très intéressante ligne électrique du Fayet à Chamonix, dont les trains à unités multiples sont équipés suivant un système fort ingénieux et très différent des systèmes précédents, inventé par M. Auvert, Ingénieur principal des installations électriques de la Compagnie du Chemin de fer P.-L.-M.

J'ai surtout voulu vous montrer l'intérêt qu'a inspiré, en

Amérique tout d'abord, et même en Europe, (où la France a été la première à suivre l'exemple des États-Unis), les applications de la traction par unités multiples dont je chercherai tout à l'heure à vous faire saisir les avantages.

Je n'ai point voulu vous rappeler tous les événements qui ont marqué le développement de la traction électrique, et sauf dans l'histoire de ses débuts, j'ai laissé de côté ce qui est relatif aux tramways qui sortent du cadre de cette communication.

En ce qui concerne les chemins de fer, je n'ai pu, craignant d'allonger un peu trop mon mémoire, vous signaler les très récentes applications de traction électrique faites à l'étranger. Je vous dirai seulement que les trains à unités multiples font leur apparition en Italie, en Angleterre et en Allemagne.

Il est certain que les locomotives électriques n'ont pas absolument disparu et je pense même qu'on en fera encore; mais, à l'heure actuelle, on semble n'en prévoir que pour des cas spéciaux nécessitant absolument leur emploi.

Ainsi, si la Compagnie des Chemin de fer de l'Ouest a équipé, en même temps que les trains à unités multiples, des locomotives-fourgons; si la Compagnie d'Orléans, dont je n'ai pas eu besoin de vous rappeler les si intéressantes installations électriques, a mis en service des locomotives sur la ligne Quai d'Orsay-Quai d'Austerlitz, c'est que ces locomotives sont destinées ou employées à la remorque de trains que doivent reprendre plus loin des locomotives à vapeur.

Il est à noter d'ailleurs que la Compagnie d'Orléans, qui prolonge en dehors de Paris ses voies électriques, va employer pour sa petite banlieue des trains à unités multiples.

Si les lignes de Vincennes ou d'Auteuil étaient actuellement transformées comme le public le réclame avec tant d'insistance, il n'est pas douteux que les trains à unités multiples seraient exclusivement adoptés pour leur exploitation par les Ingénienrs des Compagnies de l'Est et de l'Ouest.

Je n'aurais pas achevé l'historique de la traction électrique appliquée aux chemins de fer sans mentionner un assez récent évenement financier analogue à celui que j'ai eu l'occasion de vous signaler plus haut, et qui est de nature à activer encore davantage l'essor pris par les trains à unités multiples.

La General Electric C° a acheté le capital, le fonds et les brevets de la Sprague Electric C°, et pour vous signaler l'importance que la première de ces deux Compagnies attachait à la possession

des brevets Multiple Unit Sprague, je n'ai qu'à vous indiquer qu'au compte-rendu financier de la General Electric, qui parut depuis l'achat de la Sprague Electric, figurait, pour l' « acquisition de brevets et principalement de brevets Sprague », une somme de 8.360.000 francs.

Le nombre de voitures motrices américaines entrant dans la constitution de trains à unités multiples est d'environ 2 000 à l'heure actuelle ; elles circulent sur plus de trente lignes différentes.

En ce qui concerne la France, j'ajouterai qu'un nouveau train à unités multiples vient d'être équipé à Paris même, où il est employé sur le réseau du Métropolitain pour certains essais comparatifs.

Lignes de banlieue.

Comme je le disais plus haut, il est d'ores et déjà certain que la traction électrique s'appliquerait d'une façon avantageuse à un grand nombre de lignes de banlieue, actuellement exploitées à la vapeur. En supposant que leur transformation soit décidée, nous allons chercher quels principes devront servir de base à l'exploitation nouvelle, et nous serons ainsi naturellement amenés à reconnaître les avantages et presque la nécessité de l'emploi des trains à unités multiples définis au début de ce mémoire.

Il est bien évident que lorsqu'on projette d'adopter la traction électrique sur une ligne existante, il n'y a pas lieu de copier servilement le service nouveau sur l'ancien. Les desiderata des deux modes de traction (à vapeur et électrique) sont tout différents, et ils se prêtent de façons très diverses aux améliorations que l'on peut souhaiter.

Quoi qu'il en soit, et au moins tant que le public n'aura point fait entendre sa volonté d'être transporté dans les meilleures conditions de rapidité et d'agrément, le problème de l' « électrification » d'une ligne reviendra à la résolution de cette question qui régit toute entreprise commerciale :

Comment augmenter la différence entre les recettes et les dépenses ?

Il importe d'ailleurs assez peu que les recettes augmentent ou bien que les dépenses diminuent, et il est absurde d'exiger de l'électricité une diminution des dépenses totales, si, comme c'est

presque toujours le cas, l'adoption de la traction nouvelle doit augmenter le trafic dans de grandes proportions.

Étudions d'abord comment les Compagnies pourront augmenter le trafic c'est-à-dire les recettes, nous verrons ensuite comment elles pourront réduire la dépense par voyageur.

Si l'on considère les régions un peu éloignées de la banlieue, on constate qu'il y aurait avantage à reculer les limites de la zone facilement accessible aux personnes en relations fréquentes avec la ville. Ceci ne peut être réalisé qu'en augmentant la rapidité et les facilités du transport. Mais ce sont peut-être les facilités du transport, ou pour mieux dire, la fréquence des services, qui intéressent le plus les voyageurs.

Si les trains ne sont pas plus nombreux actuellement, cela tient souvent à ce que la traction par locomotives à vapeur se prête mieux à l'emploi de trains longs qu'à l'emploi de trains courts, notamment à cause de l'obligation où l'on se trouverait d'avoir des types de locomotives très différents pour les diverses lignes d'un même réseau. La locomotive électrique aurait les mêmes inconvénients à ce point de vue que la locomotive à vapeur, et la seule façon de faire circuler dans les mêmes conditions effectives et économiques des trains de longueurs différentes exige l'emploi d'unités motrices accouplables en nombre quelconque pour former des trains de toutes longueurs.

Les trains de banlieue sont surtout rares sur les embranchements, et cela généralement pour d'autres raisons encore que celle que nous venons d'envisager : vers la ville, les diverses lignes se réunissent, et si on laissait les trains partant de tous les points extrêmes à de courts intervalles s'introduire les uns après les autres sur la partie de la ligne aboutissant au terminus central, il en résulterait un « engorgement » de ce tronçon commun.

On peut tourner la difficulté en créant sur les embranchements des services spéciaux, et en obligeant les voyageurs à changer de train aux gares de bifurcation. Cela ne leur plaît guère et il est certain que cette disposition est de nature à entraver le développement du trafic sur les lignes d'embranchement.

Aussi les Compagnies ont-elles déjà adopté avec la traction à vapeur un système qui augmente la facilité des voyages, c'est le système des trains par parties. Arrivé à la gare d'embranche-

ment, un train qui vient d'une des extrémités du réseau se réunit à un autre train venant d'une ligne affluente, et l'ensemble continue en un seul convoi sa marche vers le terminus central. Cela ne s'est pas fait sans une perte de temps assez sérieuse, car il a fallu faire une aiguille puis refouler le premier train pour l'atteler au second, dont la locomotive avait préalablement dû être enlevée. Il est bien certain que les trains à unités multiples seraient avec ce système d'un emploi des plus avantageux. Le premier des deux trains pourrait arriver sur la voie même où se trouverait déjà l'autre. Il n'y aurait plus qu'à faire l'attelage pendant la descente et la montée des voyageurs pour que le nouveau train soit prêt à partir.

L'encombrement des voies sur les directions principales, peut provenir d'une autre cause que le déversement sur ces voies des trains venant des divers embranchements. Il faut aussi considérer que sur les lignes qui ne sont pas réservées à la banlieue il passe des express, et que même sur les lignes exclusivement de banlieue un peu longues, il y a des services directs nécessités par le nombre des petites stations.

Le trafic de ces petites stations est alors négligé, ou bien les directs sont trop rares.

Assurément, si l'on pouvait grâce à l'emploi de l'électricité et à une amélioration correspondante dans la durée de l'échange des voyageurs aux stations diminuer assez le retard dû à chaque arrêt, et augmenter suffisamment la vitesse de marche pour qu'un train omnibus circule avec une vitesse analogue à celle des directs ou semi-directs actuels, on pourrrait remplacer certains de ceux-ci par des omnibus, et toutes les gares se trouveraient à peu près desservies dans les meilleures conditions. C'est naturellement une question d'espèces, qui n'est résoluble que pour chaque cas particulier; mais on peut dire d'une façon générale que la vitesse commerciale des trains omnibus ne pourrait être rendue rapide, ce qui en tous cas serait avantageux, que par l'emploi de fortes puissances, à cause des grandes vitesses de pleine marche nécessaires et à cause des démarrages prompts indispensables.

Pour les services de directs et d'omnibus, on emploie aussi le système des trains par parties, et ce que nous avons dit plus haut sur l'avantage des trains que l'on peut scinder ou réunir s'applique encore dans ce cas.

Comme exemple très typique du système de trains par parties, je vous citerai ces trains de la Compagnie du Chemin de fer du

Nord, qui, partant de Paris vers Montsoult-Maffliers, laissent à cette station une partie de leurs voitures, destinées à desservir l'embranchement de Luzarches, puis se séparent encore à Persan-Beaumont, la tête du train continuant comme direct vers Beauvais, et la partie abandonnée faisant un service d'omnibus sur la même voie.

Mais quelle que soit l'extension donnée à l'emploi de trains par parties, il n'évitera pas complètement l'obligation d'avoir des passages extrêmement fréquents sur les tronçons de lignes aboutissant aux terminus des villes, à cause de la ramification extrême qui caractérise les lignes de banlieue.

Que l'on considère par exemple le réseau de l'Ouest, particulièrement intéressant à cet égard.

A Saint-Cloud passent, en outre de quelques express, les nombreux trains de Versailles, directs ou omnibus, et les trop rares trains de la ligne de Marly.

A partir de Puteaux, les trains venant des Invalides par les Moulineaux s'engagent sur la même ligne. A Bécon-les-Bruyères, d'autres trains affluent encore.

Et enfin sur le pont d'Asnières, il passe entre 8 et 9 heures du matin vingt trains de banlieue sur les deux voies de même direction.

On voit qu'il est indispensable, si l'on veut perfectionner le service de la banlieue, d'envisager des passages encore plus fréquents sur les tronçons communs des lignes aboutissant à la ville, et cela nécessite des trains qui, tout en marchant à des vitesses assez grandes, soient susceptibles, par la souplesse de leur marche, de rester très près les uns des autres, de s'arrêter très rapidement devant un signal fermé et de repartir vite dès que la voie est libre, pour arrêter le moins possible la circulation derrière eux.

Ceci revient à munir les trains d'une grande puissance motrice.

Pour les lignes de petite banlieue, la fréquence et aussi la vitesse des trains prennent une importance toute spéciale, au point de vue des Compagnies exploitantes, non seulement parce que la clientèle est infiniment plus nombreuse et qu'on transporte sur ces lignes beaucoup de personnes occupées à la ville et habitant toute l'année hors de son enceinte, mais encore et surtout à cause de la concurrence terrible des tramways.

Les tramways de pénétration, dont le développement est loin

d'être achevé, ont un tarif très réduit. Leurs lignes sont toujours plus ramifiées que les lignes de banlieue, elles passent plus au centre des agglomérations suburbaines et pénètrent dans la ville par un plus grand nombre de points.

Le chemin de fer a donc souvent grand'peine à assurer un trajet sensiblement plus rapide au voyageur qui lui préférera toujours sans cela le tramway plus gai et plus commode.

On pourrait citer telle ligne de petite banlieue parisienne littéralement enveloppée par un réseau très complet de tramways de pénétration, qui perd chaque année des voyageurs, et qui n'a guère plus que ceux des trains ouvriers à tarifs spéciaux, c'est-à-dire non rémunérateurs.

Pour reconquérir une situation brillante, il faut que les Compagnies assurent à leurs clients un voyage rapide.

Or, la durée du voyage comporte trois éléments distincts :

1° La durée du trajet pour se rendre à la gare la plus proche, qui varie avec l'espacement des stations ;

2° Le temps d'attente du prochain train, qui est d'autant plus réduit que les trains sont plus fréquents (sur les lignes qui desservent les régions très voisines de la ville on ne saurait conserver un espacement des trains obligeant les voyageurs à consulter un horaire pour fixer leur départ, alors que les tramways peuvent eux aussi arriver à supprimer cet inconvénient) ;

3° La vitesse commerciale du train.

On voit que, la question de la fréquence des trains mise à part, il y aurait lieu, pour combattre la concurrence des tramways, d'augmenter la vitesse commerciale tout en multipliant les stations. Or ces deux conditions s'opposent l'une à l'autre, les arrêts et les pertes de temps du freinage et du démarrage étant justement ce qui limite la vitesse commerciale des trains à arrêts fréquents.

Et on arrive à cette constatation que les lignes desservant les régions suburbaines, et les tronçons communs amenant jusqu'à la ville les lignes de banlieue, devront être exploités comme des métropolitains, avec des trains non seulement très fréquents, mais puissants et souples, s'arrêtant sur une distance faible, regagnant très vite leur vitesse de marche.

Nous reviendrons plus en détail sur les métropolitains, mais nous pouvons dire dès maintenant que les fortes puissances motrices nécessaires aux trains, pour être utilement employées

exigent des poids adhérents considérables, que ne pourraient assurer les locomotives électriques.

La planche 56 représente le projet de marche des trains d'une ligne américaine actuellement à vapeur dont la transformation a été récemment décidée. Les unités multiples ont permis de dépasser 60 0/0 pour le rapport du poids adhérent au poids total, chaque voiture, à 4 essieux, portant 2 moteurs. Si un train à locomotive (électrique ou à vapeur) de même poids total devait posséder le même poids adhérent, il faudrait que la locomotive à elle seule pesât 185 *t*, ce qui est évidemment inadmissible.

Envisageons maintenant les dépenses des Compagnies disposées à transformer leurs lignes de banlieue.

Elles réduiront le poids à transporter, et par suite la consommation d'énergie, en supprimant le truc, la caisse et le poids mort additionnel qu'aurait un véhicule moteur spécial, et en répartissant les moteurs sous les voitures ordinaires.

Elles y gagneront en outre d'épargner leurs voies qui n'auront plus à subir les violents coups de marteau que donnent les locomotives pesantes aux passages des joints.

Elles économiseront enfin du terrain aux terminus, ou des services superflus de locomotives de reprises, en adoptant les trains automoteurs à deux sens de marche qui suppriment la nécessité des manœuvres.

Mais elles pourront encore réduire d'une façon très importante l'usure du matériel et la consommation d'énergie due au transport de ce matériel en réduisant aux proportions utiles la longueur du train, c'est-à-dire le matériel roulant et le matériel moteur, qui dans les trains à unités multiples, sont intimement unis.

Une de nos principales lignes de banlieue, dont le service dure en tout 20 heures par jour, transporte en cinq heures et demie la moitié de ses voyageurs. Pourquoi, le reste du temps, les trains gardent-ils leur grande longueur? C'est parce que la difficulté des manœuvres serait une gêne considérable en regard de l'avantage restreint à diminuer le nombre des voitures, alors qu'on doit laisser la même locomotive en tête du convoi.

Les unités motrices se déplaçant d'elles-mêmes, les manœuvres se simplifient et l'avantage de la réduction des trains à unités multiples devient considérable.

On voit que les trains à unités multiples sont absolument in-

diqués pour les lignes de banlieue. Non seulement la répartition de leurs moteurs permet de les équiper de puissances motrices qu'il ne serait pas possible de loger sur un seul véhicule tracteur, mais leur poids adhérent peut être aussi grand que l'on veut, et les efforts utiles peuvent atteindre toute valeur désirable jusqu'à égaler le produit du poids du train par le coefficient d'adhérence.

D'autre part, leurs facilités de formation assurent une économie de matériel en mouvement aux heures de faible trafic tout en permettant de mettre en service, aux jours de spéciale affluence où le service est le plus « congestionné », suivant l'expression américaine, des trains énormes toujours doués des moyens propres à leur assurer la vitesse et la rapidité de démarrage habituelles.

Ils se prêtent merveilleusement à l'emploi des trains par parties sans obliger à faire remorquer à un même équipement moteur des poids variant du simple au double ou au triple.

Ils assurent des manœuvres simples, les rames de wagons se dirigeant par leurs seuls moyens vers les garages ou les ateliers. Ils jouissent, comme nous aurons l'occasion de le redire en envisageant les métropolitains, de l'avantage précieux de ne pas courir le risque d'une panne pour un simple manque de fonctionnement d'appareils.

Métropolitains.

Pour les lignes métropolitaines, il ne saurait y avoir de doutes sur les avantages de la traction électrique : tous les métropolitains nouveaux en sont munis, un grand nombre de lignes exploitées à la vapeur ont été déjà transformées, et la transformation des autres lignes existantes est décidée en principe.

Pour ne vous donner qu'un exemple de ses avantages, je vous donnerai les chiffres comparatifs des recettes et des dépenses du South Side Elevated de Chicago en 1895, alors qu'il était exploité à l'aide de la vapeur, et en 1900, c'est-à-dire aussitôt après la transformation, avant que les divers services aient appris à tirer de l'exploitation nouvelle tous ses avantages.

Comparaison des exploitations à vapeur et électriques d'après les rapports annuels du South Side Elevated Railway de Chicago.

	EXPLOITATION A VAPEUR année 1895	EXPLOITATION ÉLECTRIQUE année 1900
Nombre total de voitures-kilomètres . .	6 789 133	12 021 029
Nombre total de voyageurs transportés .	14 218 004	24 349 888
Longueur de la ligne en kilomètres. . .	29,79	32,99
Dépenses totales d'exploitation.	2 914 001,63 *f*	3 241 932,56 *f*
Nombre de locomotives	46	0
— de voitures motrices	0	180
— — ordinaires.	180	30
— total de voitures à voyageurs. .	180	210
Dépense totale d'entretien et d'amortissement du matériel roulant	171 825,36 *f*	320 048,51 *f*
Dépense totale d'exploitation par voyageur	0,2048 *f*	0,1352 *f*
Par voiture-kilomètre :		
Prix total d'exploitation (y compris impôts, assurance, etc.)	0,4262 *f*	0,2676 *f*
Prix de l'entretien des locomotives à vapeur ou des équipements électriques .	0,0114 *f*	0,0213 *f*
Prix de l'entretien et de l'amortissement des voitures à voyageurs	0,0137 *f*	0,0265 *f*

Lorsqu'un métropolitain électrique peut être exploité par voitures isolées, comme c'est le cas à Buda-Pesth, il est évident que cette solution est la plus avantageuse. Mais elle ne saurait suffire à des trafics tels que ceux qu'on doit généralement envisager, et on ne peut se contenter d'une exploitation qui est beaucoup plutôt une exploitation de tramway qu'une exploitation de chemin de fer.

Cependant, c'est en se rapprochant le plus possible du genre d'exploitation des tramways que les métropolitains réussiront le mieux, et l'analogie se perd absolument quand on adopte les locomotives électriques pour les lignes urbaines. On obtient alors des trains dont la marche est lourde, incapables de dégager les voies encombrées avec la facilité nécessaire, et dont la vitesse

commerciale est rendue très faible par la multiplicité des arrêts. Dans ce cas, le tramway à traction mécanique qui longe la voie ne prend pas seulement les voyageurs faisant quelques centaines de mètres, qu'on ne pourra jamais lui disputer si son exploitation est bien établie, mais il récolte aussi tous les voyageurs de parcours moyens, qui sont généralement les plus nombreux. Le Métropolitain n'est plus fréquenté que par les personnes allant d'un bout à l'autre de la ligne.

D'une façon générale, on peut dire que la différence entre le poids total d'une locomotive électrique et le poids de ses moteurs représente une charge inutile, qui coûte à transporter, qui use extrêmement les voies et produit, aux joints de rails, des coups violents qui se répercutent dans les immeubles avoisinants ; de plus, la locomotive occupe sur les quais des stations une place inutilisable pour le trafic.

Aussi a-t-on préféré depuis longtemps l'emploi des trains à voitures locomotives.

Mais ceux-ci, comme les trains à locomotives, ont un vice rédhibitoire : ils nécessitent aux terminus des manœuvres spéciales pour les rendre aptes à repartir, changés de sens, sur la voie parallèle à celle par laquelle ils sont arrivés.

Si on veut éviter de dételer la locomotive ou la motrice pour faire ensuite un nouvel attelage, ce qui est incompatible avec tout service à départs fréquents, il faut absolument recourir à l'emploi des boucles terminales, fort coûteuses à établir, et où le matériel subit une usure considérable.

D'ailleurs, même avec l'emploi des boucles, les trains dont le sens de marche ne peut changer sans manœuvres risquent de créer une grande gêne dans l'exploitation.

En effet, qu'un accident survienne dans une boucle, ou près du terminus, le service sera arrêté sur la ligne tout entière.

Si, au contraire, les trains sont capables de rebrousser chemin, il suffira de leur faire changer de voie à une station quelconque munie d'une traversée, qu'on prendra comme terminus.

Les trains à voitures locomotives doubles sont, à ce point de vue, infiniment préférables aux trains à voitures locomotives simples.

Mais les trains à voitures locomotives (simples ou doubles) sont d'un emploi forcément limité.

Les dimensions d'une voiture à voyageurs limitent la puissance des moteurs qu'on y peut installer, et surtout le poids de la

voiture limite, à cause de l'adhérence, les efforts utiles de ces moteurs.

Dans tous les services où les rampes sont dures, ou bien les démarrages rapides, le train à voitures locomotives suffit rarement à assurer le trafic.

La voiture locomotive simple peut tout au plus remorquer deux ou trois voitures ordinaires, et le train à voitures locomotives doubles ne peut guère dépasser six ou sept voitures, y compris les motrices. Encore les moteurs travaillent-ils, dans ce cas, dans des conditions très fatigantes, et, comme je vous le montrerai plus loin, peu économiques.

Les trains à deux motrices (à voitures locomotives doubles) sont de plus d'une réalisation pratique assez malaisée.

Si l'on veut agir directement sur les circuits des deux motrices en un seul poste de commande, et pouvoir faire toutes les manœuvres, il faut faire traverser le train entier par un nombre considérable de câbles traversés par des courants importants.

Voulant éviter cet écueil, la maison Siemens et Halske, pour ses essais au Wannseebahn et les premiers trains du Métropolitain électrique de Berlin, a décidé de n'agir directement sur l'ensemble des courants des deux motrices qu'en ce qui concerne la mise en marche et le changement de vitesse ; ceci peut se faire avec un seul câble d'intercommunication, grâce à certaines dispositions et à l'emploi d'un double jeu de résistances. Pour le renversement de marche, on n'agit que sur la motrice sur laquelle se trouve le conducteur, l'autre motrice devenant inactive.

Encore a-t-il fallu munir cette motrice inactive d'un dispositif automatique empêchant les moteurs, qu'on laissait fermés sur eux-mêmes, de fonctionner comme générateurs.

D'autres maisons et, notamment la General Electric, ont adopté aussi le câble d'intercommunication unique, avec double jeu de résistances, qui permet d'agir directement sur les deux motrices, considérées comme deux groupes moteurs que l'on met soit en série, soit en parallèle.

Mais, pour le renversement de marche, on emploie un dispositif d'asservissement : un circuit de commande à deux fils qui parcourt le train permet de mettre les inverseurs des deux motrices, soit à la marche avant, soit à la marche arrière.

Cette disposition a été imitée des trains à unités multiples, et a l'inconvénient de réunir, dans un même train, deux systèmes

de commande différents : le système à commande directe et le système à commande asservie, ce qui empêche l'établissement d'enclenchements de sécurité entre les différents appareils.

Tous les systèmes de trains à motrices doubles sans asservissement complet des commandes exigent la présence sur toute la longueur du convoi d'un câble au moins, traversé par un fort courant.

Les trains à unités multiples, qui sont les derniers venus et qui se développent avec une grande rapidité, n'ont aucun des inconvénients que nous venons de signaler pour les autres systèmes.

Sans addition de poids mort, ils permettent d'augmenter le poids adhérent autant qu'on veut, jusqu'à le rendre égal au poids total. Ils permettent donc l'utilisation de puissances considérables.

La planche 57 donne un exemple frappant d'accélérations et régimes de marche que des trains à locomotives ne pourraient atteindre.

Les trains à unités multiples circulent également bien dans les deux sens et ne sont nullement limités dans leur longueur.

J'ajouterai que l'asservissement de leur commande permet d'y introduire certaines régulations automatiques qui en assurent le fonctionnement normal et règlent d'après ses conditions propres le travail que doit donner chaque motrice en limitant l'intensité des courants.

C'est ce qui ne peut être fait sur les trains à voitures locomotives doubles.

La raison principale qui oblige à l'emploi des unités multiples, c'est que la puissance totale la plus avantageuse pour un train ne peut pas toujours être logée sur deux motrices seulement, tandis que les trains à unités multiples se prêtent absolument à la multiplication des motrices, puisqu'on a fait en Amérique des trains contenant jusqu'à 15 voitures motrices. Mais je sais que lorsqu'on n'est pas entré assez à fond dans cette question, on ne se rend pas un compte parfait des avantages que comportent les puissances motrices élevées, et que, lorsqu'un service donné est possible avec la puissance motrice répartissable sur 2 motrices, on ne se doute pas qu'il pourrait être préférable de porter à 3 ou à 4 le nombre des motrices, pour munir les trains d'une puissance totale de moteurs supérieurs.

Les frais d'établissements seront beaucoup plus gros, dit-on.

C'est exact, mais pourtant l'accroissement de puissance correspond le plus souvent à une économie importante des charges de la Compagnie, tous comptes étant faits, et les frais d'établissements étant dûment considérés, sous la forme des amortissements et des dimes aux fonds de renouvellement par lesquelles on a coutume de traduire ces premiers frais.

On dit encore que les frais d'entretien, surtout les frais d'entretien de moteur, augmentent avec le nombre des motrices.

Ceci n'est pas exact, l'entretien des moteurs dépendant surtout du travail qu'ils fournissent et croissant dans des proportions énormes lorsqu'on « fatigue » ces moteurs.

Je voudrais vous indiquer pourquoi il en est ainsi et vous montrer qu'une puissance totale supérieure à la puissance strictement nécessaire peut être plus économique.

Et pour cela, j'appellerai tout d'abord votre attention sur la faible importance des frais d'établissement du matériel roulant comparativement aux frais d'établissement des usines génératrices et sous-stations et aux frais d'exploitation. Il importe peu qu'on augmente les premiers, si on obtient en même temps une réduction notable des frais envisagés en second lieu.

C'est ce qui arrive quand on accroit la puissance des trains.

Il est bien évident, tout d'abord, qu'avec une puissance plus grande, on pourrait aller plus vite et revenir plus tôt au terminus de départ après avoir parcouru toute la ligne dans les deux sens. Je n'insiste plus sur les avantages de cette vitesse supérieure au point de vue de l'augmentation du trafic qu'elle produit en attirant plus de voyageurs.

En me plaçant seulement au point de vue des dépenses, je veux vous faire observer que si ce gain de temps au bout du voyage aller et retour est égal ou supérieur à l'intervalle de temps entre les départs de deux trains successifs, le service plus rapide exigera un train de moins pour le même nombre de passages à chaque gare. Si le gain de temps est supérieur, on pourra éviter deux trains, ou trois.

Mais là n'est pas la principale économie qui résulte de l'emploi des puissances fortes.

Au lieu de chercher le gain de vitesse, on peut chercher l'économie de courant, pour une même rapidité de service. Et alors on trouve des résultats qui sont tout à fait frappants et qui montrent à quel point il est facile de regagner les frais d'établissement supplémentaires.

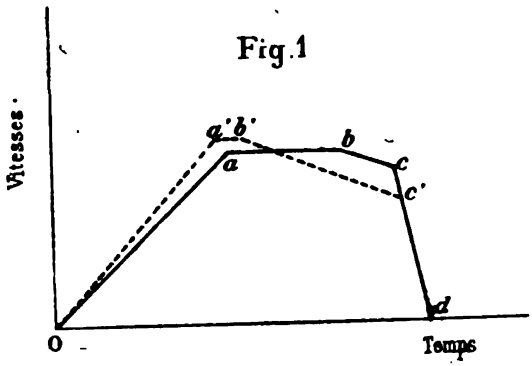
On peut d'ailleurs s'en rendre aisément compte par l'examen du schéma ci-dessous.

Représentons, comme on le fait généralement, la marche d'un train en traçant une courbe obtenue en portant en abcisses les temps et en ordonnées les vitesses.

Admettons qu'elle affecte la forme *oabcd*, *oa* correspondant à la mise en vitesse, *ab* à la pleine marche, *bc* à la course sur l'aire, et *cd* au freinage.

En fait, les deux droites *oa* et *bc* devraient être remplacées par une ligne courbe, l'accélération, qui peut être considérée comme constante au début du démarrage, diminuant progressivement pendant la suite de la marche, et la vitesse n'arrivant à

Fig.1



atteindre pratiquement sa valeur de régime qu'au bout d'un temps assez long, rarement dépassé dans les trajets qu'ont à faire entre les stations très rapprochées les trains de métropolitains.

Mais pour le premier exposé théorique de la question, cette approximation suffit. La distance parcourue par le train, entre le temps *o* et le temps *od*, sera représentée par la surface du polygone *oabcd*, d'après la formule

$$e = \int vt.$$

Comparons maintenant à celui-ci un autre train plus puissant, capable par conséquent de démarrer plus rapidement, en accélérant sa vitesse suivant *o a'* par exemple.

Si nous voulons lui faire parcourir le même espace dans le même temps, nous devrons établir une marche *oa'b'c'd* telle que les surfaces des deux polygones soient égales.

On voit que la vitesse à laquelle on freinera aura dans ce cas

la valeur $c'f'$, inférieure à la valeur cf qu'elle avait dans le premier cas. Or, le freinage représente la transformation en chaleur d'une quantité d'énergie préalablement fournie au train par l'intermédiaire des moteurs, et qui y était restée sous forme de force vive.

Dans le premier cas, l'énergie inutile absorbée par les freins était $\frac{1}{2}m\overline{cf}^2$; elle est dans le second $\frac{1}{2}m\overline{c'f'}^2$.

Mais nous allons pouvoir mettre en lumière d'une façon plus complète l'importance que peut avoir l'économie de courant dépensé due à l'emploi des puissances plus fortes que les puissances strictement nécessaires.

Et pour étudier mieux la question, prenons un exemple bien défini.

Sur une ligne, que nous supposerons pour simplifier exclusivement en palier et en alignement droit, et comportant des intervalles de station uniformes, de 500 *m*, on emploie des trains de 7 voitures, pesant 110 *t*.

Ces trains comportent 2 motrices, munies chacune de 2 moteurs de 150 *chx* environ. Les motrices coûtent 45 000 *f*, et les voitures ordinaires 17 000 *f*.

La Compagnie exploitante veut amortir les frais d'établissement en 30 ans, et créer en 15 ans un fonds pour le renouvellement (sans nouveaux emprunts) de son matériel qui doit, je suppose, faire retour à l'État à l'expiration de la concession.

Je prétends qu'elle aura avantage à mettre une motrice supplémentaire au milieu de chacun de ses trains.

Cherchons d'abord quel accroissement de charges journalières il en résultera pour elle.

Nous lui proposons de remplacer dans chaque train une remorque de 17 000 *f* par une motrice de 45 000 *f*. La différence est de 28 000 *f*.

Si je compte 5 0/0 pour l'amortissement en 30 ans et 5 0/0 à porter au fonds de renouvellement, j'obtiens une charge supplémentaire de 2 800 *f* par an ou de 7,68 *f* par jour et par train.

Nous allons chercher maintenant les économies que le train à 3 motrices permettra de réaliser.

Pour une étude de ce genre, il faut s'adresser au calcul, quitte à en vérifier les résultats par des essais.

D'ailleurs, il n'est pas de question qui se soumette plus aisé-

ment aux évaluations théoriques que la marche des trains mus par les moteurs électriques, à condition que l'on connaisse ces moteurs et les conditions de roulement des trains.

Les caractéristiques des moteurs en représentent la marche, et les divers éléments de la résistance à la traction des trains ont fait l'objet de recherches nombreuses. Ils peuvent d'ailleurs être assez aisément relevés sur la ligne considérée.

Aux États-Unis, où la pratique est pourtant très en faveur, on fait un usage considérable de ces évaluations théoriques, et la courbe de la planche 56 montre comment les Américains établissent leurs projets de lignes électriques. Plusieurs d'entre vous ont entendu parler des travaux de M. Lundee à ce sujet.

En France, à la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest, les remarquables études de lignes électriques qui ont été faites sous la direction de notre collègue M. Mazen ont été l'objet également de constructions graphiques ou de calculs abstraits, et l'expérience a vérifié pleinement les résultats des travaux théoriques.

D'ailleurs, pour le cas qui nous occupe, l'exactitude absolue importe peu puisqu'il ne s'agit que d'une comparaison. Inscrivons donc la marche de nos trains entre deux stations et figurons également leurs consommations.

Une méthode graphique particulièrement commode pour la construction directe des courbes de vitesse et de consommation d'un train a été décrite par M. le professeur Mauermann dans le numéro du 2 janvier de l'Elektrotechnische Zeitschrift. Elle a été employée à peu près comme il est indiqué dans cette revue pour la construction des courbes de la figure 2.

Les variations de la vitesse du premier train sont représentées par la courbe O P Q R. Les variations d'intensité du courant consommé par moteur sont données par la courbe A B C D E F.

La consommation d'énergie est donc proportionnelle, en supposant le voltage constant, à la surface O A B C D E F.

Le train à deux motrices a pu faire le trajet en 66 secondes. Sa vitesse maxima a été de 11,15 *m* par seconde, et son accélération supposée constante au démarrage, de 0,412 *m* par seconde par seconde.

Dans ces conditions, si on relève le nombre d'ampères-heures ayant été fournis à chaque moteur, si on le multiplie par le nombre des moteurs (4) puis par le voltage moyen, on trouve une consommation totale pour le train de 3,5 kilowatts-heures.

Considérons maintenant le second train capable grâce à sa

puissance plus forte d'une accélération au démarrage de 0,635 *m* par seconde par seconde.

Si nous lui allouons pour le même trajet une consommation totale d'énergie égale, en la répartissant sur ses six moteurs, nous aurons la marche représentée par la courbe O P″ Q″ R″. Le train mettra 6 secondes de moins pour parcourir la même distance, qui est encore représentée par la surface comprise entre la courbe des vitesses à l'axe des *x*.

On voit que la supériorité du deuxième train à ce point de vue est assez intéressante. Mais, au lieu de chercher à gagner du temps, évaluons ce qu'il dépenserait pour parcourir les 500 *m*

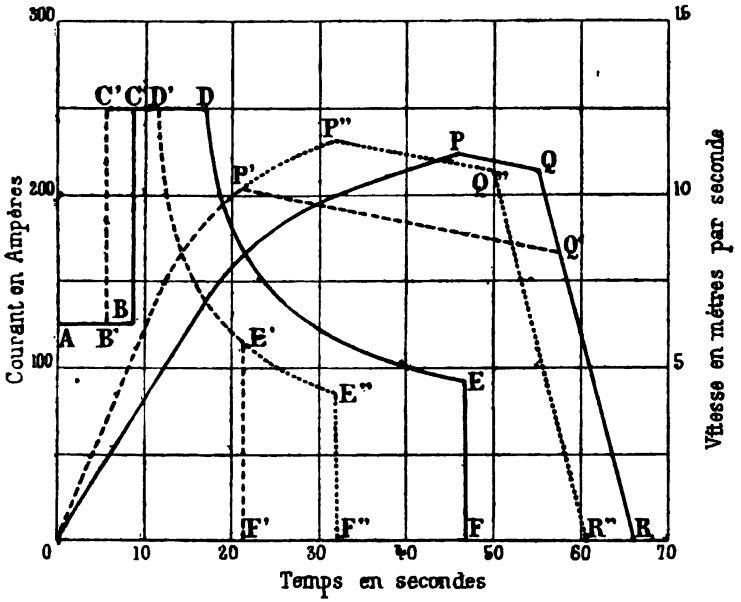


Fig. 2.

dans le temps de 66 secondes employé par le premier train. On trouve qu'il suit alors la marche O P′ Q′ R. Le courant doit être coupé en P′.

La consommation totale pour le train sera dans ce cas de 2,74 kilowatts-heures.

Nous nous trouvons en présence d'une économie considérable, de 22 0/0.

Si nous admettons que les trains existants dépensent par jour 700 kilowatts-heures, ce qui est inférieur à la moyenne habituelle

des trains métropolitains, et si nous prenons le prix de 0,10 *f* pour le kilowatt-heure au train tous amortissements compris, nous constatons que l'économie journalière sera $\frac{22}{100} \times 700 \times 0{,}10f = 15{,}40f$, c'est-à-dire plus du double des charges supplémentaires résultant de l'établissement d'une motrice de plus.

On voit donc par là que l'adoption de puissances supérieures à celles qui sont strictement nécessaires peut avoir pour résultat une économie importante dans l'exploitation des lignes métropolitaines.

	Train à 2 motrices	Train à 3 motrices	Différence %
Temps du trajet (t) en secondes	66	66	
Nombre d'ampères secondes ($\int It$) par moteur	5 851	2.172	
d° d° ($\int It \times \frac{4}{3}$ ou 8) par train	23 000	17 376	24 8
Nombre proportionnel à l'échauffement (effet Joule $= \int RI^2t = K\int I^2t$) par moteur	K 418	K.173	58.6

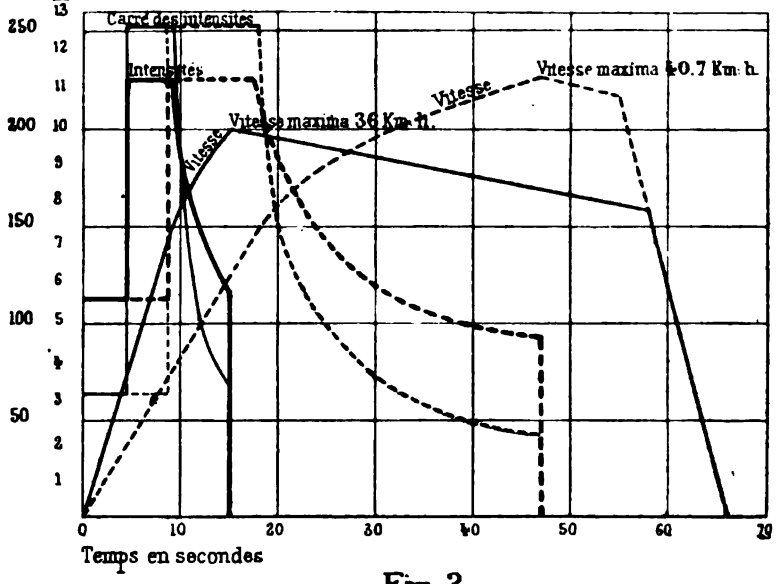


Fig. 3

Mais elle peut avoir encore d'autres avantages, et la figure 2 permet d'en concevoir un dont la valeur est considérable.

Supposons qu'une des voitures motrices vienne à fonctionner d'une façon anormale au cours d'un voyage, ou qu'un de ses moteurs « claque », pour employer l'expression consacrée. Quel inconvénient cela aura-t-il de mettre hors circuit cette voiture avariée ? Simplement celui de remettre le train dans les con-

ditions mêmes du train à 2 motrices auquel on l'a comparé.

Il pourra donc, au prix d'une dépense de courant supérieure, qui dans l'espèce sera d'importance secondaire, dégager les voies comme d'habitude, en menant ses voyageurs, sans retard, jusqu'au terminus.

Pour la figure 3, nous avons pris un cas un peu différent. Nous avons comparé un train de 8 voitures dont 2 motrices et un train de 8 voitures dont 4 motrices, les motrices étant toutes équipées des mêmes moteurs, d'une puissance un peu inférieure à celle envisagée dans l'exemple précédent.

Sur une même distance de 500 *m* en palier, l'économie de courant en faveur du deuxième train est de 24,8 0/0.

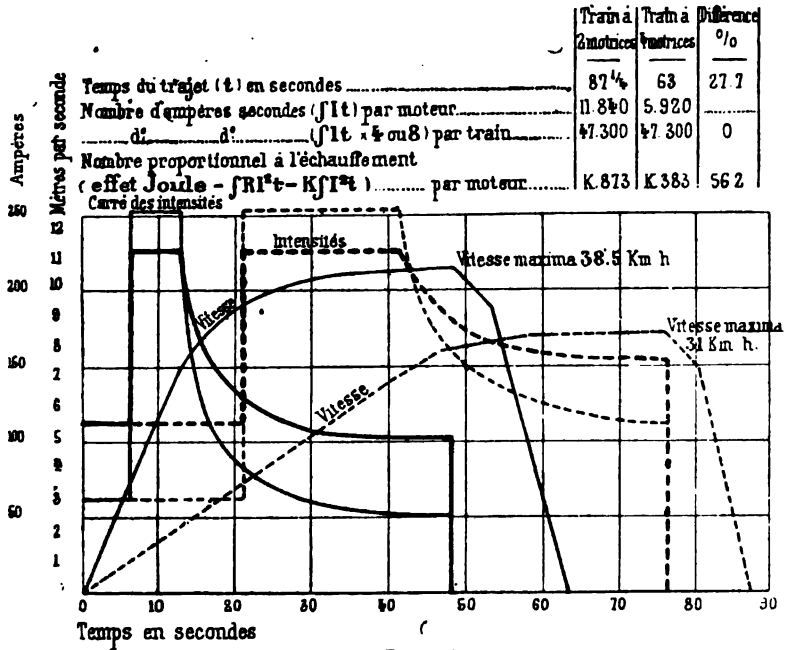


Fig. 4

La figure 4 se rapporte aux deux mêmes trains, mais sur un parcours de 500 *m* en rampe de 20 *mm* par mètre.

L'économie de courant, qui ne s'obtiendrait qu'avec une marche peu normale, n'a pas été cherchée. On a voulu, au contraire, trouver les temps de parcours pour les deux trains consommant également.

On voit que le deuxième train a mis 24,5 secondes de moins que le train à deux motrices, soit 28 0/0 de moins.

Les figures 3 et 4 comportent, en outre des courbes en traits forts représentant la variation du courant en ampères, et des courbes en traits d'épaisseur moyenne représentant la variation des vitesses, des courbes en traits fins qui donnent à chaque instant le carré de l'intensité du courant passant dans chaque moteur, et qui sont fort intéressantes à étudier.

En effet, l'usure des moteurs, qui entre pour une si grande part dans les frais d'entretien du matériel de traction électrique, dépend beaucoup de la température de ces moteurs, c'est-à-dire de la chaleur qui s'y développe, principalement à cause de l'effet Joule.

Or, on sait que la chaleur développée par effet Joule dans un moteur est donnée par l'expression :

$$\int RI^2 t,$$

dans laquelle R est la résistance du moteur.

En supposant celle-ci constante, la chaleur développée devient:

$$K \int I^2 t.$$

Elle est donc proportionnelle à la surface comprise entre la courbe des carrés des intensités et l'axe des x.

Pour les 2 figures considérées, ces surfaces sont de 58,6 et 56,2 0/0 inférieure pour le train à 4 motrices comparé aux trains à 2 motrices. C'est une supériorité de plus, qui a sa valeur, pour les puissances fortes.

Je ne vous répéterai pas à propos des métropolitains, les avantages des trains à unités multiples déjà envisagés pour les lignes de banlieue.

Il est bien évident que les facilités de formation des trains, la possibilité de constituer les trains des heures pleines par simple attelage des trains plus courts des heures creuses, rendent extrêmement commode l'exploitation de toutes les lignes.

Lignes diverses.

En examinant avec vous les lignes métropolitaines et de banlieue, j'ai passé en revue tous les avantages des trains à unités multiples.

Je ne m'étendrai donc pas sur les autres exploitations électriques possibles, mais cela ne veut pas dire que pour ces exploitations la traction par unités multiples ne soit pas à recommander.

Bien au contraire, dans les deux cas principaux pour lesquels la traction électrique s'impose, il n'y a pas d'autre solution à envisager.

Pour les lignes à grandes vitesses, comme on en projette actuellement, les énormes puissances exigées par chaque tonne de train nécessiteront, comme cela ressort d'ailleurs des récentes expériences de Zossen, que la plupart des voitures, sinon toutes, soient munies de moteurs.

Pour les lignes à forte rampe, si l'on considère d'abord celles qui font usage de la crémaillère, il est certain que l'importance considérable du poids mort fera rejeter la locomotive et munir de moteurs les voitures ordinaires.

Mais les trains à unités multiples présentent cet avantage particulier de permettre l'abandon des crémaillères pour beaucoup de lignes pour lesquelles on n'aurait pu s'en passer avec la locomotive. Ceci parce qu'ils possèdent un poids adhérent qui peut aller, si l'on veut, jusqu'à leur poids total.

La ligne de Chamonix en est une preuve frappante.

Les divers systèmes de trains à unités multiples.

Après vous avoir exposé les importants avantages des trains à unités multiples, je ne peux me dispenser de vous dire, au moins en quelques mots, comment sont établis ces trains.

Je vais donc reprendre la définition des trains à unités multiples donnée dès le début de cette communication, et en déduire les caractères principaux de tous dispositifs destinés à en assurer la réalisation pratique. Je terminerai en vous indiquant, dans leurs grandes lignes, les systèmes plus ou moins différents de trains à unités multiples qui ont été employés jusqu'à ce jour, renvoyant ceux d'entre vous qui voudraient les connaître par le détail, aux publications spéciales dont ils ont fait l'objet.

Les trains à unités multiples se composent d'éléments individuellement complets, automoteurs, capables d'être manœuvrés isolément.

Chaque élément doit donc comporter des moteurs, et un système de contrôle permettant, à l'aide d'un poste de manœuvre au moins, d'agir et sur le sens et sur la rapidité de rotation de ces moteurs.

Pour les moteurs série à courant continu qui sont seuls jusqu'à

ce jour entrés dans l'équipement des trains à unités multiples, vous savez que le contrôle doit consister en modification des combinaisons de circuits produisant : pour le changement de marche, l'inversement du sens du courant dans les induits des moteurs ; pour les variations de vitesse et la mise en marche, la suppression ou l'introduction de résistances dans les circuits et le couplage des moteurs en série ou en quantité ; en outre, il y a lieu d'établir ou de supprimer tout courant.

On a donné les noms de contrôleurs, inverseurs, combinateurs, aux appareils ou ensembles d'appareils qui agissent ainsi sur les circuits moteurs, assurant ou rompant la continuité de leurs diverses portions, de façon à lancer le courant dans les chemins différents qu'il doit suivre.

Dans les trains ordinaires, ces appareils combinateurs sont directement mis en œuvre par le conducteur chargé des manœuvres.

Mais les éléments de trains à unités multiples doivent être susceptibles d'être réunis, et l'ensemble formé par l'agrégation de plusieurs éléments doit obéir aux volontés d'un seul conducteur, donc aux manœuvres commandées d'un seul poste.

Je vous ai montré quelles difficultés présentait la réunion des commandes directes de deux équipements moteurs dans les trains à voitures locomotives doubles. A plus forte raison serait-ce irréalisable d'amener jusqu'à la tête du train les câbles d'un nombre supérieur d'équipements. Les appareils combinateurs prendraient des proportions énormes, et le train serait transformé en un enchevêtrement complexe de câbles traversés par des courants dangereux.

Le principe même des trains à unités multiples exige donc l'asservissement des appareils combinateurs. Chaque équipement moteur à les siens, et ils sont mus, non plus directement par la main du conducteur mais par l'intermédiaire de dispositifs d'asservissement, et liés par une transmission de commande aux postes de manœuvre.

On voit donc qu'un système « multiple unit » doit comporter : des appareils combinateurs munis de dispositifs d'asservissement, une transmission de commande, des postes de manœuvre spéciaux.

L'unité ou élément de train peut être formée de plusieurs voitures, et c'est souvent le cas. Mais alors, l'équipement moteur est, soit localisé sur une seule de ces voitures, soit réparti entre

certaines d'entre elles. On peut donc substituer à la considération des unités multiples la considération d'une succession de voitures dont les unes sont des voitures ordinaires et les autres des voitures motrices.

C'est pourquoi on désigne souvent les trains à unités multiples du nom de trains à motrices multiples, bien qu'il ne faille pas confondre unité avec motrice.

Sur les motrices d'un train à unités multiples on trouve les combinateurs asservis.

Sur toutes les voitures, motrices ou non, il existe les dispositifs de transmission de commande. Et, en certains points choisis à cet effet, des postes de manœuvre dont chacun peut être employé à la commande de l'ensemble des voitures motrices unies les unes aux autres, avec intercalation ou non de voitures non motrices.

Le premier système à unités multiples employé fut celui de Sprague.

Dans ce système, les appareils asservis sont sur chaque motrice un « contrôleur » à cylindre et un « inverseur » à cylindre, tout à fait semblables aux appareils employés pour la commande directe sur les motrices ordinaires (tramways, locomotives, etc.).

La commande est électrique. L'inverseur, à trois positions, est mis en œuvre par l'action de 2 solénoïdes. Le contrôleur est mû par un petit moteur électrique tournant dans les deux sens et faisant avancer le cylindre par saccades.

Le système comporte un appareil dit régulateur qui règle automatiquement la succession la plus rapide qui soit admissible, au démarrage, pour les changements de combinaisons de circuit faisant accélérer la marche des moteurs.

Il en résulte que le conducteur, qui est toujours maître d'un démarrage plus lent, peut, pour la marche normale, ne s'inquiéter aucunement de la rapidité du démarrage qui, automatiquement, se fait dans les meilleures conditions.

Le câble traversant tout le train et seul utile à la transmission des commandes, est formé de quatre ou de cinq conducteurs traversés par de très faibles courants.

L'appareil de manœuvre est extrêmement réduit et sa conduite est particulièrement facile. Il ne comporte qu'une manette, pour le réglage de la vitesse et du sens de marche.

Le système qui apparut le premier après le système Sprague fut le système Westinghouse. Les combinateurs sont encore des

appareils à cylindre, analogues aux combinateurs ayant reçu dans toutes les exploitations des lignes électriques de chemins de fer et de tramways la consécration de la pratique. Mais ils sont mus au moyen de l'air comprimé par l'effet d'un piston agissant sur une roue à cliquets.

L'admission et l'échappement d'air sont réglés par des valves à commande électrique.

L'organe de transmission de commande qui passe d'une voiture à l'autre et traverse tout le train est un câble, comme dans le système Sprague. Il comporte sept conducteurs. Son courant est pris, non plus à la ligne, comme dans le premier système envisagé, mais à une batterie d'accumulateurs spéciale.

Peu après son apparition, le système Westinghouse a été muni d'un régulateur analogue au régulateur Sprague.

L'appareil de manœuvre Westinghouse est également de dimensions restreintes.

Le troisième système Multiple Unit fut le système de la General Electric, exploité en France dans sa forme première par la Compagnie Thomson-Houston.

Dans ce système, à commande exclusivement électrique, on ne retrouve plus de combinateurs à cylindres. Ils sont remplacés par un grand nombre de « contacteurs » distincts, chacun étant un appareil électromagnétique fermant ou rompant une seule portion du circuit moteur.

Le câble de transmission de commande est composé de neuf fils.

Le système ne comporte pas de régulateur.

L'appareil de manœuvre est sensiblement plus gros que ceux des systèmes Sprague et Westinghouse.

Le système Auvert, qui est exploité avec grand succès sur la ligne du Fayet à Chamonix, est à commande exclusivement pneumatique. Le contrôleur, à cylindre, est mis en œuvre par un piston dont les avancements sont limités par les rencontres successives de plusieurs pistons accessoires, dont il peut vaincre ou non la résistance suivant la pression qui tend à l'entraîner.

Il y aurait lieu de signaler différents dispositifs étudiés par les maisons Siemens et Halske et Schückert, et qui ont abouti à l'équipement d'un train d'essais sur le Métropolitain de Berlin, du système dit « Siemens-Schückert ».

C'est un système électro pneumatique.

Dernièrement, pour l'étude d'un projet tout à fait spécial, Sprague a imaginé un nouveau système, comportant des « con-

Tableau résumant les caractères principaux des systèmes à unités multiples.

NOM	NATURE de L'ASSERVISSEMENT	ORGANE de TRANSMISSION des commandes	AUTOMATICITÉ	GENRE D'APPAREILS combinateurs
Sprague	Électrique.	Câble à 4 ou 5 conduct.	Automatique.	Cylindre.
Westinghouse	Électropneumatique	Câble à 7 conducteurs.	Automatique.	Cylindre.
General Electric (en Amérique)	Électrique.	Câble à 9 conducteurs.	Non automatique	Contacteurs.
Thomson-Houston (en France et en Angleterre)				
Auvert	Pneumatique.	Conduite.	Non automatique	Cylindre.
Siemens-Schückert	Électropneumatique	Câble.	Automatique.	Cylindre.
Sprague à contacteurs	Électrique.	Câble à 5 conducteurs.	Automatique.	Contacteurs.
Sprague-General Electric (en Amérique)	Électrique.	Câble.	Automatique.	Contacteurs.
Sprague-Thomson-Houston (en Angleterre)				

tacteurs » comme le système Thomson-Houston, mais muni de tous les caractères dans le détail desquels je n'ai pu entrer ici et qui ont fait le succès de son système primitif.

Ce système Sprague à contacteurs a été employé sur une ligne américaine.

Enfin, à la suite de l'acquisition des brevets Sprague américains, la General Electric a modifié son système, et a créé un système « Sprague-General Electric » dont les dispositions sont encore peu connues. Il est d'ailleurs probable qu'elles seront l'objet de modifications diverses, à mesure que se poursuivra l'étude commencée en vue de réunir dans un même système les avantages du dispositif Sprague et des dispositifs de la General Electric.

Ce système ressemble au système Sprague à contacteurs et comporte un régulateur permettant le démarrage automatique.

Il doit être également employé en Angleterre, où les brevets Sprague ont été achetés par la British Thomson-Houston C°, sous le nom de Sprague Thomson-Houston System.

Le tableau ci-contre résume les caractères principaux des sept systèmes à unités multiples passés en revue.

Je vous ai montré, Messieurs, quel avait été l'extraordinaire développement des trains à unités multiples en Amérique. Je vous ai signalé leur apparition en France, où je ne doute pas qu'ils ne soient appelés à un pareil succès.

Ceci pour les raisons que je vous ai exposées, et qui me paraissent démontrer que les trains à commande non asservie et à puissance motrice limitée ne permettront point l'exploitation avantageuse des lignes pour lesquelles la traction électrique s'impose.

Je n'ai pas voulu entrer dans la comparaison des divers systèmes employés pour la réalisation des trains à unités multiples dont je vous ai seulement indiqué les dispositions générales.

La pratique seule en peut d'ailleurs indiquer les mérites respectifs.

CHRONIQUE

N° 284.

Sommaire. — Les dispositifs de changement de marche dans les machines à vapeur. — Train de chemin de fer renversé par le vent. — La pression du vent. — La navigation du Rhin. — La température dans les mines profondes *(suite et fin)*. — Les gros diamants. — L'ankilostomiasis.

Les dispositifs de changement de marche dans les machines à vapeur. — Nous avions, au commencement de cette année, écrit, sous forme d'introduction à la traduction française de l'ouvrage « les distributions à changement de marche » de M. A. Fliegner, professeur à l'École polytechnique fédérale de Zürich, un aperçu très succinct sur l'histoire des mécanismes de changement de marche des machines à vapeur. Cet aperçu renfermant des faits peu connus ou même inédits, que des recherches exécutées à cette occasion nous avaient indiqués, nous avons pensé qu'il y aurait quelque intérêt à le reproduire ici, mais sous une forme et avec des développements que ne comportait pas le cadre primitif.

Les machines qui doivent pouvoir tourner à volonté dans un sens ou dans l'autre rentrent d'une manière générale dans les quatre catégories suivantes :

A Les machines actionnant des appareils de levage dont les plus importantes sont les machines d'extraction;

B Les machines des bateaux à vapeur;

C Les locomotives;

D Les machines actionnant des laminoirs dits réversibles.

Les trois premières catégories de machines datent des premières années du XIX^e^ siècle. La dernière est beaucoup plus récente et, d'ailleurs, d'une bien moins grande importance au point de vue du nombre des applications.

Dans la forme primitive de cette étude, nous avions adopté pour l'examen des divers systèmes, l'ordre chronologique; mais il nous a semblé préférable actuellement, au point de vue de la clarté et de l'enchaînement des faits, de faire une classification des dispositifs de changement de marche et de les examiner successivement en indiquant dans quelles conditions ils ont été ou sont appliqués aux diverses catégories de machines à vapeur.

Il nous a paru, après une étude approfondie, que les divers systèmes de changement de marche pouvaient, sauf de très rares exceptions, se ranger dans neuf catégories suivant que les distributeurs sont commandés par :

1° Poutrelle à chevilles ou taquets;

2° Excentrique libre à décalage automatique;

3° Excentrique libre à décalage non automatique;

4° Excentriques fixes avec barres à encoches;
5° Excentriques fixes avec fourchettes allongées;
6° Coulisse commandée par un ou deux excentriques ou organes équivalents:
7° Mécanismes du genre *radial;*
8° Double came se déplaçant longitudinalement sur son arbre;
9° Cette classe comprend les dispositifs consistant à faire changer de rôle à volonté aux conduits et lumières aboutissant aux cylindres.

1° *Poutrelle.* — Le premier mécanisme de commande de distribution employé dans les machines à vapeur à piston est la poutrelle, en anglais *plug rod*, introduite par Beighton en 1717 sur les machines de Newcomen et conservée par Watt. Cette pièce qui, dans les machines à balancier, constituait la tige de commande de la pompe à air portait des chevilles ou des taquets qui, à chaque fin de course, rencontraient des pièces reliées aux distributeurs. La poutrelle imaginée pour les machines d'épuisement à simple effet fut conservée dans les premières machines à double effet à rotation. Avec ce dispositif, la manière de changer le sens du mouvement de l'arbre était extrêmement simple; il suffisait pendant la marche du piston de déplacer à la main les distributeurs pour fermer les lumières qui étaient ouvertes et ouvrir celles qui étaient fermées, le piston revenait en arrière en ramenant avec lui la poutrelle pour actionner les distributeurs dans le nouveau sens de la marche.

Nous croyons que les premières machines qui aient eu à fonctionner dans les deux sens sont des treuils à vapeur désignés sous le nom de *steam whims* établis en 1799 ou 1800 par Trevithick pour remplacer les manèges à chevaux dans les mines de Cornouailles et aussi la première locomotive construite en 1802 par le grand inventeur méconnu qui est le véritable père de ce genre de machines. La distribution de la vapeur se faisait dans les cylindres par un robinet à deux fins animé d'un mouvement circulaire alternatif; une tringle reliée à la traverse de la tige du piston et jouant le rôle de la poutrelle portait deux saillies qui poussaient chacune à leur tour, aux fins de course, la poignée du robinet pour changer le sens de la marche du piston. Pour renverser le sens de la rotation de l'arbre, il suffisait de changer à la main, au milieu de la course du piston, la position du robinet distributeur. Ce système très simple fut employé par Trevithick sur toutes ses machines fixes et mobiles et aussi par d'autres constructeurs pour actionner des tiroirs, soit le tiroir à garniture de Murdoch, soit le tiroir à coquille introduit en 1799, par Mathieu Murray. On le trouve, en effet, dans cette même année 1802, sur le moteur de la *Charlotte-Dundas* bateau à vapeur construit par Symington. Ce premier vapeur européen avait, comme on sait, une roue à l'arrière actionnée par un cylindre horizontal dont la tige commandait par un balancier d'équerre, comme dans beaucoup de machines actuelles, la tige verticale de la pompe à air, tige qui, jouant le rôle de poutrelle, portait des chevilles actionnant les leviers de commande de quatre distributeurs. Ces détails sont indiqués très clairement sur une figure placée à la page 199 de l'ouvrage de J. Scott-Rus-

sell, intitulé : *The Nature, properties and applications of Steam*, publié à Édimbourg en 1841.

Les premiers bateaux de la Seine avaient le même genre de commande de distribution, seulement le rôle de la poutrelle était dévolu à une des bielles pendantes reliant les extrémités de la traverse de la tige du piston aux balanciers latéraux. On trouve notamment, cet arrangement sur la machine du remorqueur de la Compagnie Pajol construit en 1816. Plusieurs des machines décrites dans l'ouvrage de Marestier sur les bateaux à vapeur en Amérique, publié en 1829, présentent ce dispositif.

Introduit sur la locomotive par Trevithick, comme nous l'avons vu, il y fut conservé par plusieurs des successeurs de celui-ci; on le trouve sur le *Puffing Billy*, de Hedley, construit en 1813 et même sur les locomotives faites en 1829 par Marc Seguin pour le chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon. Ces dernières avaient des cylindres verticaux qui, par une traverse attachée à la tige du piston actionnaient deux bielles se rattachant à des boutons de manivelles implantés dans les rayons des roues. Une tige verticale rattachée à la traverse et portant des taquets agissait, aux fins de course, sur le levier de commande du tiroir. Un levier à main calé sur le même arbre que le précédent permettait de déplacer le tiroir pour changer le sens de la marche.

Cavé a employé la même disposition dans quelques-unes de ses premières machines oscillantes, mais seulement pour la commande des distributeurs d'échappement placés sous le cylindre (1). Nous avons rencontré cet arrangement sur les machines de 160 *ch* du *Vésuve*, remorqueur du port du Havre, construit en 1829 et qui avait, lors de notre visite, plus de trente ans de service. Dans ce cas, ce système, d'ailleurs très simple, entrainait une grande gêne pour le service, parce que les organes de manœuvre du changement de marche pour chaque cylindre étaient doubles, un pour l'admission et un pour l'échappement, et disposés de telle sorte que le même homme pouvait difficilement les manœuvrer tous les deux à la fois. Si on ajoute que les cylindres étaient à l'opposé l'un de l'autre actionnant la même paire de manivelles, on ne sera pas étonné s'il fallait trois hommes pour renverser en cas d'urgence la marche de la machine. Comme on le verra plus loin, la nécessité d'employer beaucoup de monde à la manœuvre des appareils et la lenteur qui en résultait pour celle-ci n'étaient pas, à l'époque, considérées comme des inconvénients très sérieux.

Avant de quitter ce sujet, nous devons faire observer que la poutrelle ayant une course bien supérieure à celle du tiroir donnait à ce dernier un déplacement brusque et saccadé avec un choc à chaque fin de course. Certains constructeurs frappés de cet inconvénient, mais voulant conserver l'emploi de la poutrelle comme commande du distributeur, plaçaient sur la tringle des pièces en forme de double coin qui, portant

(1) Dans quelques machines de bateau de faible puissance provenant de cet atelier, les obturateurs d échappement placés à l'intérieur du cylindre étaient poussés directement à fin de course par le piston lui-même, pour démasquer les lumières, sans intervention d'aucun mécanisme extérieur. On trouve un exemple de cette disposition originale dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement* de 1835.

contre des galets, communiquaient aux supports de ceux-ci un déplacement latéral alternatif donnant au tiroir un mouvement se rapprochant de celui qu'on obtiendrait d'un excentrique circulaire. On trouve des exemples de ces dispositifs dans les ouvrages de Tredgold et de Pambour.

2° *Excentrique libre à décalage automatique.* — L'emploi d'un excentrique fou sur l'arbre entre deux positions correspondant l'une à la marche en avant, l'autre à la marche en arrière, avec déplacement du tiroir à la main comme dans la méthode précédente, est presque aussi ancien que celle-ci. En tout cas, on le trouve sur la machine du bateau à vapeur *Comet*, construit par Henri Bell en 1812, et qui est regardé comme le premier bateau à vapeur européen ayant réussi pratiquement. Une figure donnée à la page 217 de l'ouvrage déjà cité de J. Scott Russell, montre clairement la disposition de l'excentrique, de sa barre à encoche et du levier à main porté par l'arbre de commande du tiroir.

Cet arrangement a été, on peut le dire, employé d'une manière à peu près exclusive, sur les bateaux à vapeur, depuis l'origine de ceux-ci jusqu'à l'introduction générale des appareils actionnant directement l'hélice. Il avait l'avantage d'être très simple et de donner des distributions égales dans les deux sens de la marche, ce qui avait, d'ailleurs, assez peu d'intérêt pour les bateaux à vapeur, mais il présentait par contre, de graves inconvénients. Il était délicat, l'excentrique, équilibré par un contrepoids, ne devait être ni trop libre ni trop serré, le moindre échauffement de l'arbre suffisait pour les faire adhérer et rendre la marche en arrière impossible autrement que par la manœuvre du tiroir à bras. Le changement de marche était lent et pénible et, surtout avec deux machines accouplées avec les manivelles à 90 degrés, la manœuvre à bras était incertaine. Voici ce que dit Paris, page 408 de son *Dictionnaire de Marine à vapeur :* « Les grandes dimensions des appareils de 450 *ch* ont fait mettre deux leviers presque horizontaux et au-dessus du parquet supérieur, afin d'y appliquer jusqu'à douze hommes pour un même tiroir (soit vingt-quatre pour les deux); d'autres les ont conservés verticaux en les manœuvrant avec des cordes sur lesquelles on attelait les chauffeurs à l'avant et à l'arrière. »

Dans les machines de construction anglaise, on remplaçait ces leviers gênants et encombrants par une autre disposition; l'arbre de commande du tiroir portait un secteur denté engrenant avec un pignon dont l'axe se terminait par une roue à poignée analogue à une roue de gouvernail. Dans les grands appareils on mettait jusqu'à six hommes sur chaque roue. Sur la machine de 800 *ch* nominaux, correspondant à 3200 indiqués, du paquebot à roues *Arabia* de la Compagnie Cunard, construit en 1852, le déplacement de 0,10 *m* des barrettes des tiroirs, suffisant pour renverser le sens du mouvement du piston, correspondait à un déplacement d'environ 1,60 *m* des poignées de la roue de manœuvre. Avec une vitesse de 20 *cm* par seconde pour ce déplacement, il fallait donc huit secondes pour changer la position des tiroirs, c'était loin d'être excessif, mais ce qu'il faut considérer c'est le temps nécessaire pour grouper sur les roues et leviers des hommes occupés ailleurs et obligés de franchir une certaine

distance et de grimper des échelles pour se rendre à leur poste de manœuvre.

Le changement de marche exigeait trois opérations: le déclenchement de la tige d'excentrique, le déplacement du tiroir à bras et le réenclenchement de la tige de l'excentrique. La première suffisait pour arrêter la machine (1) et la seconde pour la renverser. La première opération ne demandait qu'une ou deux secondes au plus en supposant que le mécanicien de service fût à portée des déclenches, consistant en une poignée et quelquefois une pédale. Les deux premières opérations, en tenant compte du temps employé pour rassembler le personnel nécessaire dans les grands appareils, pouvaient atteindre et dépasser une minute. D'après M. Madamet (*Tiroirs et distributeurs de vapeur*, page 103), « dans les machines marines actuelles, l'appareil étant lancé à toute vitesse en avant. on doit pouvoir le faire tourner en arrière en trente secondes et inversement. Ces résultats sont possibles grâce à l'emploi de mises en train à vapeur; on peut même descendre au-dessous de ce chiffre. Avec la simple manœuvre à bras un temps triple est nécessaire. »

Quelques précautions indispensables venaient encore contribuer à augmenter la durée de la manœuvre. L'oscillation continuelle des leviers à bras et des roues à poignées pendant la marche étant dangereuse, on avait été amené à introduire des débrayages pour rendre ces organes immobiles pendant la route, d'où nécessité de les embrayer préalablement à la manœuvre. Heureusement les navires porteurs de ces machines allaient lentement et leurs masses étaient peu considérables relativement. Avec l'*Arabia* à roues déplaçant 5 000 *tx* et marchant à 12 nœuds ou 6,60 *m* par seconde et le *Kaiser-Wilhelm II* à hélice déplaçant 26 000 *tx* et réalisant une vitesse de 23,5 nœuds ou 12,10 *m* par seconde, on a des puissances vives relatives de 192 000 et 3 806 000 soit un rapport de 1 à 20 en nombres ronds. On conçoit donc qu'on ne s'inquiétât pas trop, il y a cinquante ans, des lenteurs de manœuvre des navires de l'époque. Qui peut affirmer, toutefois, que ces lenteurs n'ont pas joué un rôle plus ou moins prépondérant dans quelques catastrophes restées célèbres telles que la disparition mystérieuse du *President* et la perte par collision de l'*Arctic* et du *Pacific* qui comptaient parmi les plus grands paquebots à roues de leur temps?

Nous ne devons pas omettre de mentionner que, pour remplacer la manœuvre à bras d'hommes des tiroirs, on avait eu l'idée assez naturelle de charger de cette manœuvre un petit cylindre à vapeur placé sur le prolongement de la tige du distributeur. Cette application ne paraît cependant pas avoir réussi; car faite par le Creusot en 1846 sur la machine oscillante de 650 *ch* nominaux de la frégate à roues le *Mogador*, elle est restée unique ou à peu près. *(A suivre.)*

Train de chemin de fer renversé par le vent. — Le matin du 27 février dernier, un train de chemin de fer fut renversé sur

(1) Avec deux cylindres conjugués avec leurs manivelles à 90 degrés, les pistons, sans fermeture des registres, ne peuvent pas, avec les tiroirs arrêtés, faire sous l'action de la vapeur, plus d'un quart de tour, soit pour seize tours par minute, vitesse des plus grandes machines à roues d'autrefois, la durée d'une seconde; après, la compression de la vapeur dans les cylindres amène l'arrêt presque immédiat.

le côté par le vent, alors qu'il traversait le viaduc de Leven, près de Ulverston, sur le chemin de fer de Furness. Le rapport du major E. Druitt, inspecteur du Board of Trade, a paru et nous en trouvons le résumé suivant dans l'*Engineer*.

Le train se composait, en outre de la machine, de 10 véhicules, comptant en tout 29 essieux. Il contenait 34 voyageurs qui furent tous plus ou moins gravement atteints.

Le viaduc sur lequel l'accident s'est produit est situé au nord de la baie de Morecumbe et franchit l'estuaire de la Leven. Il a 457,50 *m* de longueur et 7,62 *m* de largeur et porte deux voies. Le tablier est supporté sur des pieux en fonte de 0,26 *m* de diamètre au nombre de six par pile placés quatre sous les quatre files de rails et un sous chaque bord extérieur. Les travées ont 9,15 *m* de portée, à l'exception de celle du milieu qui a 11 *m*. Chaque travée est formée de six poutres, quatre sous les rails et deux à l'extérieur; ces poutres sont reliées par des traverses. Sur les poutres sont des longrines en bois de $0{,}40 \times 0{,}15$ *m* qui portent des coussinets doubles recevant les rails et contre-rails. L'espace entre les poutres est couvert par des plaques en tôle emboutie. De chaque côté règne un parapet formé de supports en fer et d'une main-courante en fer rond à 0,915 *m* au-dessus du plancher. Le dessus du rail se trouve à 0,38 *m* en contre-haut de la semelle supérieure des poutres et il n'y a absolument rien pour protéger le train contre l'action d'un vent venant du travers. Le viaduc est en ligne droite et dirigé sensiblement du sud-est au nord-est.

Pendant la tempête, le vent soufflait en travers du viaduc et rien ne venait modérer son action avant qu'il arrivât à cet ouvrage. La hauteur des rails au-dessus de l'eau de la baie au niveau moyen est de 5,95 *m*. Heureusement le train était du côté du vent et avait l'autre voie à côté de lui, sans quoi il eût été précipité dans l'eau.

Le rapport du major Druitt donne les dépositions du mécanicien, du chauffeur et du conducteur du train, ainsi que celles de deux garde-voies qui étaient dans des guérites près de chaque extrémité du viaduc. Il reproduit également le témoignage du maître de port de la Compagnie du chemin de fer de Furness, à Barrow, situé à 16 kilomètres du lieu de l'accident, relativement à la force du vent. Cette déposition présente assez d'intérêt pour être donnée *in extenso*.

Le capitaine Warde, maitre de port de la Compagnie à Barrow dit: « Le 27 février, notre anémomètre enregistrait entre 4 h. 30 m. et 8 heures une vitesse de vent de 100 milles (161 *km*) à l'heure. Avant et après ces heures la vitesse était un peu moindre. La vitesse indiquée ci-dessus est une moyenne, et dans les coups d'une violence terrible dont il y a eu un grand nombre, je crois pouvoir dire qu'elle atteignait 120 milles (193 *km*) à l'heure. C'est certainement la plus forte tempête que j'ai vue dans le pays. Le vent devait être encore plus fort à Leven qu'à Barrow, car la configuration des lieux rétrécissant le passage devait augmenter la violence du vent. »

Le matin de l'accident le train quitta Carnforth avec neuf minutes de retard et tout alla bien jusqu'à la distance d'une dizaine de kilomètres. Là, la machine rencontra des poteaux de télégraphe renversés qui

brisèrent les fanaux de tête de la locomotive. Il fallut quinze à vingt minutes pour écarter ces obstacles. A Grange, 15 *km* de Carnforth, le mécanicien fut averti de marcher avec précaution, parce que les fils commandant les signaux du block entre Grange et Cork, à 6 *km* plus loin, avaient été brisés par le vent. A Cork le train pu reprendre sa marche normale parce que la ligne des signaux était intacte jusqu'à Plumpton Junction, 7 *km* plus loin. C'est entre ces deux endroits que l'accident se produisit.

Le train rencontra des poteaux de télégraphe tombés, les témoignages varient sur le nombre de poteaux ; toujours est-il que les tuyaux du frein à vide se dérangèrent, et que le frein fut mis hors de service, d'où l'arrêt du train. Le chauffeur descendit pour examiner les choses et était en train de rajuster les tuyaux, lorsque deux des voitures se renversèrent puis ensuite toutes les autres tombèrent sur le côté. On put, tant bien que mal, faire sortir les voyageurs qui, bien que plus ou moins contusionnés, s'empressèrent de gagner des maisons qui se trouvaient à l'extrémité du viaduc. Le vent était si fort que la plupart durent franchir la distance qui les en séparait en se trainant sur les mains et les genoux.

Le major Druitt, dans ses conclusions, attribue l'accident uniquement à la violence du vent. Il fait observer que l'arrêt du train n'a joué aucun rôle et que, s'il eût continué sa marche, il eût été renversé aussi bien, la force du vent étant très supérieure à l'effort nécessaire pour le renversement des voitures. Cet effort peut être calculé à 42 livres par pied carré, ce qui représente 205 *kg* par mètre carré, mais les voitures les plus légères du train pouvaient être renversées par une pression de 32 livres soit 160 *kg* par mètre carré. Un tableau dressé à l'Observatoire du Bureau des Docks et Ports de la Mersey et reproduit dans le rapport, indique qu'un vent de 70 milles à l'heure produit une pression de 45 livres par pied carré, un vent de 80 milles, 60 livres et un vent de 90 milles 71 livres, ce dernier correspond à 145 *km* et 350 *kg* par mètre carré. Ces chiffres rapprochés de la déposition du maitre de port de Barrow suffisent à expliquer l'accident. Comme conclusion, le rapport du major Druitt recommande l'emploi de parapets résistants sur le viaduc et l'étude de moyens de prévenir des deux côtés de l'ouvrage lorsque le vent est assez fort pour paraitre compromettre la sécurité des trains qui viendraient à le franchir.

Ce genre d'accidents est assez rare sur les chemins de fer; il est donc intéressant de rappeler ici que, dans la séance du 6 mai 1868 de notre Société, M. de Nordling, en citant un fait du même genre survenu entre Leucate et Fitou sur le chemin de fer du Midi, indiquait que l'intensité du vent avait dépassé 154 *kg* par mètre carré, pression nécessaire pour renverser les voitures chavirées, mais qu'elle n'avait pas atteint 254 puisqu'un fourgon auquel il aurait fallu cette pression était resté debout sur la voie. On voit que le chiffre de 154 *kg* correspond sensiblement à celui de 160 donné plus haut par l'inspecteur du Board of Trade.

La pression du vent. — Nous croyons devoir, à la suite de l'article précédent, reproduire ici quelques chiffres relatifs à certaines pres-

sions de vent constatées, chiffres donnés dans une lettre de M. W. A. Burgess adressée ces jours-ci au *Standard* et reproduite par l'*Engineer*.

Avec des températures moyennes supérieures de 5°,42 et 4°,23 c. à la moyenne des cinquante dernières années à l'Observatoire de Greenwich, les mois de février et mars 1903 ont subi des coups de vent et tempêtes de l'Est et du Sud dont le dernier demi-siècle n'a probablement pas présenté d'exemples.

A l'Observatoire de Greenwich, l'anémomètre a enregistré pendant la semaine comprise entre le 21 et le 27 février une pression moyenne maxima do 110 *kg* par mètre carré et de 180 et 162 *kg* les 24 et 27 du même mois. Ces chiffres paraissent constituer un record. Pendant les 12 jours écoulés entre le 19 février et le 2 mars, on a constaté un maximum moyen de 89 *kg*. Dans la quinzaine du 17 au 30 mars, on a trouvé 62 *kg*. La moyenne générale de février à été de 47 *kg* et celle de mars de 43 *kg*, soit 45 *kg* pour la moyenne des deux mois.

Il n'est pas sans intérêt de rappeler que la pression énorme de 180 *kg* (1) par mètre carré observée le 21 février 1903 avait déjà été constatée dans le grand ouragan, venant du sud, du 12 décembre 1893. D'autre part, si on considère le chiffre de 162 *kg* du 27 février dernier, on trouve comme s'en approchant beaucoup les pressions observées en février 1899 où, entre le 8 et le 14, on a constaté une moyenne de 85 *kg* et, le 13 un maximum de 163 *kg*. Du 12 au 23 janvier de la même année, on a observé une moyenne de 75,5 *kg* et le maxima de 155 *kg* le 12, et de 136 *kg* le 21.

En février 1894, le vent souffla de l'ouest-sud-ouest, du 6 au 12, avec une force moyenne de 84,7 *kg* et un maximum de 170 *kg* le 11 février, le vent venant alors du sud-ouest. Dans la mémorable tempête d'équinoxe du 24 mars 1895, on a constaté à Greenwich une pression de 175 *kg* et il y eut de grands ravages dans les forêts de la région. Le 22 décembre 1894, on a relevé des pressions de 196 *kg* par mètre carré.

Le 29 novembre 1897, eut lieu la marée la plus haute et la plus destructive qu'on ait constatée sur la côte orientale de l'Angleterre depuis 1845; cette marée fut accompagnée d'un coup de vent de nord-ouest dont les pressions maxima relevées à Greenwich étaient de 122 *kg* le 28 et de 126,5 *kg* le 29. On peut citer, le 27 janvier 1901, une pression maxima de 167,5 *kg*. L'ouragan de février 1903 qui a donné les énormes pressions mentionnées plus haut de 162 *kg* et 180 *kg* par mètre carré a fait de grands ravages : dans le Phoenix Park, à Dublin, un des plus beaux du monde, 1 400 arbres et 1 700 arbustes furent déracinés. On n'avait pas vu de tempête pareille depuis celle qui ravagea le Royaume-Uni et, en particulier Dublin et le nord de l'Angleterre, le 7 janvier 1839.

Nous ne saurions mieux terminer que par un document tout récent emprunté au *Scientific American* du 20 juin dernier relativement à des constatations faites à Point Reyes, station du service d'annonce des tempêtes des Etats-Unis, localité située à 56 *km* au nord de San Francisco et qui paraît jouir du peu enviable privilège d'avoir les vents les plus forts et les plus continus dans le monde entier.

Le 18 mai 1902, on avait constaté à Point Reyes une vitesse de vent

(1) La pression de 180 *kg* correspond, avec la formule ordinaire, à une vitesse du vent de 131 *km* à l'heure.

de 164 *km* à l'heure et pendant quelques minutes de 193 *km* (1). Un ouragan terrible souffla pendant trois jours entiers. Le nombre de kilomètres enregistrés pendant les 72 heures consécutives a été de 7.569 *km*, ce qui représente presque le cinquième du tour de la terre.

Cette année 1903, le 14 mai, le vent a commencé à souffler avec une terrible violence. Pendant 4 jours la vitesse moyenne enregistrée dépassait 97 *km* à l'heure. Le nombre total de kilomètres enregistrés par l'anémomètre fut de 18.069 *km*. Pendant neuf jours consécutifs la vitesse moyenne fut de 83,7 *km* à l'heure. C'est la plus grande vitesse pour un temps considérable qui ait jamais été constatée.

La navigation du Rhin. — Nous donnons ci-desous, d'après les *Annales des Travaux Publics de Belgique*, les principaux éléments du trafic du Rhin en 1901, tels qu'ils résultent du rapport de la Commission centrale pour la Navigation rhénane.

Trafic des ports rhénans allemands. — Le rapport donne les arrivages, expéditions et trafic total pour 37 ports. Nous ne reproduirons pas ce tableau, nous nous contenterons de rappeler que le trafic le plus élevé est donné par le port de Ruhrort qui figure pour le quart du trafic total du Rhin. Les arrivages ont été de 1 573 629 *t*, les expéditions de 5 203 608 *t*, total 6 877 237 *t*.

Le trafic total des ports rhénans s'est élevé à 28 857 653 *t* en 1901, alors qu'il atteignait 28 244 142 *t* en 1900; l'augmentation d'une année à la suivante a donc été de 613 511 *t* ou 2 0/0 environ. Ce sont les ports de Strasbourg, Gustavsbourg Mayence, Uerdigen et Alsum qui accusent le plus fort accroissement, soit respectivement 252 646 *t*, 115 262 *t*, 393 132 *t*, 132 727 *t* et 193 796 *t*. On voit que, malgré les conditions de navigabilité défectueuses du Rhin supérieur, le port de Strasbourg continue à se développer. L'exécution des travaux de régularisation en cours ne pourra qu'améliorer cette situation prospère. Le port de Carlsruhe, qui est plutôt un port intérieur relié au Rhin par un canal, est cité dans le relevé pour la première fois; ses débuts promettent, son trafic total a été de 134 572 *t* dont 120 800 *t* pour les arrivages.

Trafic avec les Pays-Bas. — Le trafic avec les Pays-Bas s'est élevé a 10 329 047 *t* dont 3 092 403 pour les arrivages et 7 236 642 pour les expéditions. Comparé au trafic de 1900 (10 746 580 *t*) ce mouvement accuse une légère diminution, d'environ 1,4 0/0.

Trafic avec la Belgique. — Le trafic total avec la Belgique s'est élevé en 1901, à 2 757 330 *t* divisé presque également entre les deux sens. Ce trafic atteignait en 1900 le chiffre de 2 603 633 *t*. Il y a donc eu une augmentation de 6 0/0 environ.

Dépenses effectuées. — Pendant l'exercice 1901 et 1902, les États riverains du Rhin (y compris les Pays-Bas) ont consacré à l'amélioration de cette rivière une somme totale de 4 716 000 *f*, dont 1 424 700 *f* en Prusse et 1 360 000 *f* dans les Pays-Bas. Durant la même période, 23 227 844 *f* ont

(1) Cette vitesse de 193 *km* à l'heure correspondrait avec la formule usuelle à une pression d'environ 300 *kg* par mètre carré.

été dépensés pour l'amélioration des ports rhénans. Le coût des travaux à atteint :

Au port de	Strasbourg	11 170 000 *f*
—	Kehl.	1 056 800
—	Carlsruhe.	1 434 100
—	Rheinau	1 452 500
—	Mannheim	2 410 200
—	Ludwigshafen	831 800
—	Cologne	1 376 500
—	Dusseldorf	1 764 500

Flotte rhénane. — A la fin de 1901, la flotte rhénane comprenait 9 502 bateaux ayant un équipage de 28 477 hommes. Parmi ces bateaux on compte 1 123 bateaux à vapeur d'une force totale de 220 617 *ch* indiqués et 8 379 bateaux à voiles ou chalands d'un tonnage total de 2 733 207 *t*.

La force totale des bateaux à vapeur se décompose comme suit :

Allemands.	153 565 *ch*	ou 70 0/0.
Néerlandais	57 937 *ch*	ou 26 0/0.
Belges, etc.	9 115 *ch*	ou 4 0/0.

Le tonnage des bateaux à voiles et chalands, se subdivise comme suit :

Allemands.	1 375 585 *t*	ou 50 0/0.
Néerlandais	999 364 *t*	ou 37 0/0.
Belges, etc.	358 258 *t*	ou 13 0/0.

Ajoutons que le nombre des chalands dont le tonnage dépasse 1 000 *t*, est de 545.

Les trois plus grands chalands rhénans existant actuellement sont :

1° Le *Léopold Marianne III*, de 100 *m* de longueur, 12 *m* de largeur, et 2 341 *t* pour un tirant d'eau de 2 75 *m* ;

2° Le *Johann-Christian*, de 92 *m* de longueur, 12 *m* de largeur et 2 077 *t* pour un tirant d'eau de 2 67 *m*.

3° Le *Mannheim 60*, de 88 20 *m* de longueur, 12 10 *m* de largeur et 2 062 *t* pour un tirant d'eau 2 66 *m*.

Navigation maritime. — Le trafic qui a Cologne comme port d'attache, est desservi actuellement (fin 1901) au moyen de 36 vapeurs d'un tonnage total de 29 306 *t* et de 78 chalands maritimes et voiliers. Il est exercé par dix firmes qui organisent des services réguliers sur Londres, Brême, Hambourg, Kiel, Lubeck, Copenhague, Stettin, Dantzig, Kœnisberg, Riga, Saint-Péterbourg, Elbing, Memel, Rotterdam, les ports de l'Italie, de la Sicile et de l'Algérie.

Le tonnage des chalands maritimes varie de 500 à 1 000 *t*.

En 1901, le trafic maritime s'est élevé à 227 952 *t* alors qu'il n'atteignait que 191 755 *t* en 1900. Il y a donc eu une augmentation de 19 0/0.

Flottage. — Le mouvement de flottage s'est élevé, en 1901, au chiffre de 537 422 *t*.

La température dans les mines profondes *(suite et fin).— Causes de l'ordre mécanique.* — Il se développe du calorique là où il se produit un mouvement dans les roches, le long des failles ou dans des endroits où des travaux ont compromis la stabilité des terrains.

L'expérience de l'exploitation des mines montre à quel point des couches de houille peuvent être échauffées par des pressions et des actions mécaniques, bien qu'il soit très difficile d'écarter entièrement le rôle d'une action chimique de la production de chaleur dans les couches rocheuses par effet mécanique. A deux endroits sur une grande route où la température d'un sondage de 3 *m* de profondeur avait été trouvée de 19° C. en 1891, cette température était montée à 28 degrés en 1898 et plus tard à 32 degrés.

Le voisinage des sources d'eau froide ou chaude peut exercer une influence considérable sur la température. De même la nature de la stratification des terrains, la forme et la direction des couches, la présence de roches métamorphiques, de roches dont la composition est siliceuse ou basique, etc., ont un rôle particulier dans les phénomènes thermiques souterrains.

Dans le mémoire lu en octobre 1898 par le Dr J. S. Haldane et l'auteur, il était dit que la température de l'air d'une mine augmente avec la diminution de l'oxygène et l'expérience a montré que lorsque des ouvriers ont a travailler à des températures de 27 à 30° C., et dans une atmosphère où la proportion d'oxygène est inférieure de 8 0/0 à la normale, et en présence d'une forte dose d'humidité, le travail devient très difficile. La transpiration devient excessive et le manque d'oxygène rend les ouvriers apathiques; il en est de même pour les chevaux.

Dans les couches de houille épaisses, l'accroissement de la chaleur est une cause d'incendies et dans les mines exploitées par longues tailles et où on laisse les menus dans les vieux travaux, il y aurait très peu d'incendies si la chaleur pouvait s'en aller aussi vite qu'elle se produit, parce que la température d'inflammation ne pourrait être atteinte.

Les faits actuellement connus prouvent à l'évidence que presque toujours la roche et le charbon ont une température inférieure à celle de l'air de la mine et qu'on doit s'attacher à envoyer en bas de grands volumes d'air frais. Ceci conduit à modifier les puits en vue de l'exploitation future des houillères à grande profondeur. On croyait, il y à 20 ans qu'un diamètre de puits de 4,50 *m* était suffisant pour tous les besoins, mais lorsqu'il s'agit d'aller chercher le charbon à plus de 450 *m* de profondeur, on ne doit pas donner aux puits moins de 6 *m* de diamètre, et établir la ventilation en proportion pour faire passer d'assez grandes quantités d'air. Ceci se traduira par de plus grandes dépenses d'établissement et, par suite, par de plus grands frais d'amortissement; il faut naturellement que l'accroissement des quantités de charbon extraites viennent compenser ces frais.

On objectera peut-être qu'en envoyant plus d'air et par conséquent plus d'oxygène, on peut accroître les risques d'incendie avec des charbons aussi disposés à absorber l'oxygène que les couches épaisses du South Staffordshire. L'auteur à peine à s'expliquer que des incendies puissent se manifester dans des galeries où il passe 2 400 ou 2 500 m^3 d'air

par minute; en tout cas ces incendies doivent être bien rares comparés avec ceux qui se produisent avec des ventilations bien inférieures ou dans des galeries de retour d'air où la température s'élève à 28 et 30° C.

L'auteur croit pouvoir tirer, de ce qui précède, les conclusions suivantes :

1° Les difficultés matérielles de fonçage des puits d'exploitation aux plus grandes profondeurs peuvent être facilement surmontées quant à ce qui concerne la partie mécanique. L'application de plus en plus grande de l'électricité viendra faciliter la transmission de la force aux distances nécessitées par l'accroissement des surfaces à exploiter ;

2° La chaleur des terrains n'est pas si grande qu'on le supposait ; on ne trouve probablement pas plus de 1 degré c. par 65 *m* d'augmentation de profondeur ;

3° La température de l'air peut être abaissée par l'emploi de puits de grands diamètres et d'une ventilation très active ;

4° Avec une ventilation très puissante, les ouvriers peuvent travailler avec autant d'aise à 900 *m* de profondeur qu'à 300.

L'emploi plus grand du havage mécanique qui supprime pour l'homme la partie la plus pénible du travail, lui permettra, aux grandes profondeurs, de ne donner son attention qu'au fonctionnement de l'outil mécanique. L'auteur estime que nous sommes actuellement à même d'aller chercher le charbon à toute profondeur où il peut se trouver et de l'y exploiter. C'est seulement une question de mise de fonds et, sous ce rapport, les mines profondes pourront se trouver dans une certaine infériorité par rapport à celles où le charbon est plus près de la surface, mais une partie de ce désavantage peut être compensée par un surcroît de production continue de jour et de nuit, ce qui est extrêmement désirable.

On voit trop souvent des installations mécaniques qui ont coûté beaucoup d'argent, utilisées seulement pendant huit ou neuf heures sur vingt-quatre, alors les charges fixes absorbent les produits, tandis que, si on pouvait travailler seize heures seulement, l'accroissement des produits payerait largement les intérêts et l'amortissement du capital et laisserait un produit net sans qu'on soit obligé de faire payer le charbon extrait de grandes profondeurs plus cher au consommateur.

Dans la discussion qui a suivi la communication de M. Meachem, le fait avancé par celui-ci que la température de l'air d'une mine pouvait, normalement être plus élevée que celle de la roche, a été généralement contesté. L'air étant ordinairement échauffé par le contact des parois des puits et galeries, s'il est trouvé plus chaud que la roche, il faut qu'une circonstance particulière et exceptionnelle ait occasionné cet excès de température. Celui-ci s'explique facilement si on peut constater la présence d'actions chimiques, telles que l'action de l'eau sur les minerais, convertissant les sulphites contenus dans ceux-ci en sulfates, ce qui s'est présenté dans certaines mines profondes en Amérique, au point de rendre toute exploitation impossible.

Les gros diamants. — Le plus gros diamant taillé connu est l'*Orloff*, qui appartient à la Russie et est incrusté dans le sceptre du Czar.

Après vient le *Brillant Florentin* appartenant à l'Autriche. Le troisième est le *Pitt* ou *Regent*, qui a fait partie des diamants de la Couronne, et est actuellement au Musée du Louvre. Ensuite vient l'*Étoile du Sud*, propriété d'un prince indien. Le cinquième est le *Koh-i-noor*, qui faisait partie du trésor de Dhulup Singh, Maharajah de Lahore et qui pris par la Compagnie des Indes lors de la conquête du Punjab, fut offert par elle à la reine Victoria en 1850, et figura à l'Exposition de Londres en 1851. Il est à remarquer que, sur ces cinq diamants, le quatrième seul ne vient pas d'Asie et n'a pas une origine ancienne.

Il existe deux gros diamants non taillés, dont chacun est beaucoup plus gros que l'*Orloff*, mais il y a quelque doute sur leur authenticité. Le plus gros est connu sous le nom de *Braganza* et appartient au Gouvernement portugais qui n'a jamais voulu le laisser examiner par des experts. Il a été trouvé au Brésil il y a cent soixante ans, et est gros comme un œuf de poule. Si c'était un vrai diamant il vaudrait au moins 25 millions de francs. L'autre est le *Matan*, et appartient au Rajah do l'état indien de ce nom, qui n'a jamais voulu le laisser examiner. Cette pierre n'a guère que le quart de la grosseur du *Braganza*.

Depuis la mise en exploitation des mines de l'Afrique du Sud, d'autres gros diamants ont été trouvés et mis sur le marché, mais ils ne figurent pas sur les listes des pierres connues, si ce n'est toutefois le *Paw* qui a un éclat remarquable et qui dépasse de beaucoup en grosseur les diamants provenant de l'Afrique. Le *Paw* avait été envoyé, sur sa demande, à la reine Victoria, qui avait l'intention de l'acheter, mais la mort de son petit-fils, le duc de Clarence, survenue sur ces entrefaites, la fit renoncer à cette acquisition. Ce diamant pesait brut 112 carats, mais la taille a réduit son poids à 55.

Le plus gros diamant trouvé jusqu'ici en Afrique serait l'*Excelsior*, découvert en 1894 dans la mine de Jagersfontein; il vient immédiatement après le *Braganza*, qui pèse 1 680 carats et qui n'est peut être qu'une topaze blanche; l'*Excelsior* pèse plus de la moitié, 969 carats.

Il est bon de rappeler que le carat dont on se sert pour exprimer le poids des diamants n'est point le carat employé pour les alliages d'or. L'or pur est dit à 24 carats, l'or monnayé est à 22, ce qui veut dire 22 d'or et 2 d'alliages, etc. Le carat des diamants représente 4 grains troy; 151 1/2 carats forment une once troy; en mesures métriques le carat vaut 0,206 *g*. Dans le calcul de la valeur des diamants, le prix augmente dans des proportions considérables avec le poids des pierres. Ainsi, si un diamant d'un carat vaut 500 *f* un de deux carats vaudra 1 500 *f* et un de 10 carats 50 000 *f*, soit dix fois par carat le prix également par carat de la plus petite pierre. Pour cette raison, la valeur des gros diamants est très difficile à estimer.

Le plus gros des diamants célèbres, l'*Orloff*, pèse 193 carats, le second le *Brillant Florentin* 139 1/2, le troisième le *Regent* 136 3/4, l'*Étoile du Sud* 124 1/4 et le *Koh-i-noor* 106. Il n'y a pas d'autre diamant en dehors de ceux provenant de l'Afrique du Sud qui pèse 100 carats. Le *Shah* qui vient après pèse 86 carats, le *Pigott* 82 1/4 et le *Nassack* 78 1/2. Le diamant bien connu le *Sancy* ne pèse que 54 et le *Hope* est encore plus petit, son poids n'est que de 44 1/4 carats.

L'histoire de ce dernier est assez obscure; on croit qu'il faisait partie du diamant dit *Grande Table*, rapporté de l'Inde par le voyageur Tavernier, dont on lui donne quelquefois le nom. On dit que cette pierre pesait 242 1/2 carats, c'était le premier diamant bleu qu'on eût vu en Europe. Il fut acheté par Louis XIV en 1668, et est décrit comme ayant une belle teinte violette, mais il était plat et mal taillé. Il fut retaillé ensuite et son poids fut réduit à 67 1/2 carats. Ce diamant fut mis au Garde-Meuble sous la Révolution et on n'a pu retrouver sa trace. Le *Hope* qu'on suppose en provenir, a paru il y a environ soixante-dix ans et fut acheté par le banquier de Londres, Henry Thomas Hope, qui le paya 323 000 *f.* Une autre partie du diamant la *Grande Table* ou le *Tavernier* est supposée être le *Brunswick*, la plus grosse pierre bleue connue après le *Hope*. Elle pèse seulement 10 3/4 carats, de sorte qu'il manquerait encore 12 1/2 carats sur les 67 1/2 déposés au Garde Meuble. Il est possible que quelques petites pierres bleues existant dans diverses collections proviennent de ce diamant.

Le *Koh-i-noor* pesait, lorsqu'il fut offert à la reine Victoria, 186 carats, mais il était mal taillé et, sur l'avis du prince Albert, on fit venir d'Amsterdam un tailleur de diamants pour lui donner une meilleure forme. Le travail dura trente-huit jours et coûta 200 000 *f.* La pierre avait diminué de 80 carats, mais les déchets qui présentaient une assez grande valeur ne furent pas perdus. Le diamant est actuellement à la Tour de Londres avec les joyaux de la Couronne d'Angleterre.

On dit que l'histoire du *Koh-i-noor* remonte à l'an 56 avant J.-C. Il aurait fait d'abord partie du diamant le *Grand Mogol* qui, au Moyen Age, fut envoyé à Venise pour être retaillé et qui le fut si mal que le sultan Jihan, auquel il appartenait, refusa de payer les frais du travail. Les Vénitiens l'ont-ils gardé et l'ont-ils fait transformer en pierres plus petites et plus faciles à vendre? L'histoire ne le dit pas, et dès lors, il n'a plus été question du *Grand Mogol*.

Le *Koh-i-noor* appartenait à Aureng-Zeb, sultan de Delhi. Il passa à son arrière-petit-fils, Mohammed. Lorsque Delhi fut pris par Nadir-Shah, le conquérant persan, le diamant fit partie du butin des vainqueurs et, après de nombreuses vicissitudes, il vint entre les mains du fameux Runjet-Singh, qui le fit monter sur un bracelet. Ce fut Nadir-Shah qui lui donna le nom qu'il porte encore et qui, comme on sait, signifie « Montagne de lumière ».

La légende rapporte qu'en le voyant briller sur le turban du vaincu, le souverain persan proposa à celui-ci d'échanger leurs turbans en signe de paix; ce qui fut fait et fit passer la pierre précieuse en Perse. Le successeur dégénéré de Runjet-Singh sur le trône de Lahore d'où il fut renversé en 1849, rappela ce fait à la reine Victoria lorsqu'il vint lui faire hommage à Windsor.

Le diamant *Orloff* est aussi d'origine indienne et faisait partie d'un lot de pierres précieuses rapportées en Perse par Nadir-Shah. La tradition prétend qu'il formait un des yeux d'une idole hindoue et fut pris par les soldats persans. Après la mort de Nadir-Shah, il tomba entre les mains d'un marchand anglais qui le vendit à un Arménien qui le céda finalement au comte Orloff, lequel l'offrit à l'impératrice Cathe-

rine. Il est probable que ce que le comte le paya fut remboursé plusieurs fois au favori par la souveraine.

De tous les gros diamants historiques, le *Régent* est considéré comme le plus pur et n'a pas de rival pour la beauté de sa forme.

Il aurait été trouvé dans les mines de Parteal, dans l'Inde en 1702, par un travailleur esclave qui l'aurait caché dans une entaille profonde qu'il se serait faite au mollet. Cet esclave arrivé à la côte aurait vendu sa trouvaille à un capitaine de navire qui, à son tour, le céda au gouverneur Pitt, grand-père du comte de Chatham, alors en résidence au fort Saint George, pour 25 000 *f.* Pitt trouva plus tard un acquéreur dans la personne du duc d'Orléans, Régent de France, qui lui paya le diamant 3 375 000 *f.* On l'évalue actuellement à plus de 50 millions.

Le *Brillant Florentin*, qui précède le *Régent* par ordre de grosseur, a beaucoup moins de valeur, ce qui tient à sa teinte jaunâtre. On le suppose d'origine indienne; il serait parvenu, on ne sait comment, entre les mains d'un joaillier de Florence, qui n'en apprécia pas la valeur à cause de sa couleur peu ordinaire et le vendit pour presque rien. Il arriva ainsi à faire partie de la collection du grand-duc de Toscane et passa de là à la maison d'Autriche.

L'*Étoile du Sud* est d'origine brésilienne; elle a été trouvée par un esclave nègre dans la province de Minas Geraes en 1853 et envoyée à Paris, d'où elle passa dans l'Inde, le pays des diamants, et fut achetée par un petit souverain de cette contrée.

Le diamant le *Sancy* a une histoire très obscure. Il paraît cependant qu'il provient de l'Inde et qu'il y est actuellement toujours entier. On avait raconté, il y a une douzaine d'années, qu'il était à Paris entre les mains d'un syndicat qui en demandait une somme considérable. Ce diamant aurait appartenu autrefois à la reine Élisabeth d'Angleterre (1). Lorsque le prince de Galles, aujourd'hui le roi Édouard VII, était dans l'Inde, il y a quelques années, on dit que le diamant dont nous nous occupons était la propriété du Maharajah de Pattiala, mort depuis. On le décrit comme ayant une forme et une taille tout à fait spéciales et on lui attribue une valeur très considérable, tant comme objet de curiosité que comme pierre précieuse.

On supposait que le développement de l'exploitation des mines du Sud de l'Afrique, amenant une grande quantité de diamants sur le marché, produirait une sorte d'avilissement du prix de cette pierre; mais l'écoulement en a été réglé avec beaucoup de prudence et le diamant a aujourd'hui tout autant de valeur qu'il y a dix, vingt ou trente ans.

Nous avons traduit ce qui précède d'un article du *New York Times*, reproduit par le supplément du *Scientific American*. Il nous a paru intéressant de le donner, parce qu'il y figure divers détails inédits et qu'on y trouve sur certaines pierres des versions différentes de celles qui ont cours habituellement.

L'ankylostomiasis. — Aux nombreux inconvénients auxquels sont sujets les mineurs dans leur pénible existence, est venu récemment

(1) On dit aussi qu'il faisait partie du trésor de Charles le Téméraire et tomba entre les mains des Suisses à la bataille de Granson.

s'ajouter un mal quelque peu mystérieux auquel on donne le nom d'ankylostomiasis. Dans les régions tropicales, où ce mal est connu depuis longtemps, sa naissance et son développement paraissent être indépendants du genre de vie, mais, dans les pays plus septentrionaux, il semble ne s'attaquer qu'aux mineurs. Voilà déjà quelques années qu'on a constaté son existence sur le continent chez les ouvriers travaillant dans les mines ; il serait même actuellement, si on en croit des rapports récents, assez développé dans les houillères de Westphalie et sa présence en Angleterre aurait été dernièrement constatée pour la première fois dans les districts miniers des Cornouailles où une affection, qu'on désignait sous le nom d'anémie de Dolcoath a été reconnue pour le mal dont nous nous occupons.

L'importance de la question étant évidente, une enquête s'imposait et elle a été faite de suite. Les résultats en ont été exposés par M. J.-S. Haldane, membre de la Société Royale, dans une lecture faite ces jours-ci devant les étudiants de l'École des Mines de Camborne.

Après avoir indiqué l'identité de l'affection constatée avec l'ankylostomiasis, M. Haldane indique comme principaux symptômes la pâleur de la face et la courte respiration. Il se produit aussi des éruptions de la peau.

La première fois qu'on ait constaté ce mal chez des mineurs a été en 1894-95, et il a beaucoup augmenté pendant les trois ou quatre années suivantes, pour diminuer rapidement ensuite. On a attribué cette affection à l'impureté de l'air, mais cette explication a été contredite par des analyses qui ont fait constater la pureté remarquable de l'air des mines de Dolcoath ; aussi cette hypothèse est-elle abandonnée aujourd'hui.

Le ver intestinal, qu'on appelle *ankylostoma duodenale*, a été découvert en 1838 en Italie, mais sa relation avec la maladie n'a été reconnue qu'en 1854. Il s'est répandu d'une manière très inquiétante depuis quelques années dans certains districts miniers du continent, en Belgique, en Autriche et en Westphalie. Son introduction dans les mines de Cornouailles peut être due à quelques mineurs venant de régions tropicales. Le ver adulte a environ un demi-pouce de longueur et on ne le trouve dans les déjections que si un remède a été administré au malade pour l'en débarrasser, mais on trouve toujours des œufs en abondance dans les matières fécales.

M. Haldane pense que la transmission de la maladie est due à ce que des ouvriers, dont la santé n'est pas altérée d'une manière apparente, portent le ver avec eux et le transmettent d'une mine à l'autre. Il discute les causes des symptômes observés sur les hommes et particulièrement ceux de la peau constatés dans l'épidémie de Cornouailles. Il y a trois ou quatre ans, le professeur Looss, actuellement au Caire, versa sur sa main quelques gouttes d'eau contenant des larves écloses des œufs du ver en question. Les croyant inoffensives à moins qu'elles ne fussent introduites à l'intérieur du corps, il n'y fit pas attention et fut fort surpris de constater que l'endroit qui avait été en contact avec l'eau présentait des signes manifestes d'inflammation et peu de temps après il se trouva sérieusement atteint d'ankylostomiasis. Le professeur fut ainsi conduit à faire une série d'expériences qui ont prouvé d'une ma-

nière très nette que les éruptions de la peau provenaient de jeunes vers pénétrant dans les tissus et parvenant ainsi dans les intestins, où ils arrivent à l'état adulte et amènent le développement de la maladie. Le docteur Bentley est arrivé aux mêmes constatations dans l'Inde. Il a trouvé que le mal connu sous le nom de « water itch » (gale d'eau), qui affecte les coolies dans l'Annam et ailleurs pendant la saison des pluies, n'est autre que l'ankylostomiasis.

Les vers mâles et femelles vivent dans la partie supérieure de l'intestin grêle. Ils ne peuvent se multiplier à l'intérieur du corps, mais ils peuvent y exister plusieurs années. Les femelles produisent des œufs en quantités énormes ; ces œufs, dans des conditions favorables de température et d'humidité, donnent naissance à des larves. Ces larves éclosent en fait, à toute température intermédiaire entre 12 et 35° C. A un certain état de développement, elles peuvent pénétrer dans l'organisme par la peau ou être avalées, ou, enfin, s'introduire d'une manière quelconque de manière que le ver se développe à l'intérieur du corps.

Cette affection est, heureusement, très susceptible de traitement, et on n'en meurt que si elle n'est pas soignée à temps. On peut expulser les vers au moyen de fortes doses de thymol ou d'extrait de fougère mâle. Ces remèdes ne sauraient d'ailleurs être administrés que sous la surveillance d'un médecin, parce que les doses doivent en être très élevées.

Quant à la question de la prévention du mal, M. Haldane dit que malheureusement celui-ci s'est fortement implanté dans les mines de Cornouailles, d'où il est à craindre qu'il ne soit une source d'infection pour les houillères anglaises. Il faut observer que l'infection se produit seulement par la pollution du sol par les matières fécales et le contact des hommes avec les parties polluées du sol. La contagion ne se produit pas directement d'une personne à une autre, et avec les précautions les plus élémentaires on peut s'en tenir à l'abri. Il faut dire qu'actuellement on apporte très peu d'attention à éviter dans les mines la contamination du sol par les matières fécales. Cette négligence doit cesser et les mines du pays doivent être protégées contre la possibilité de propagation de l'ankylostomiasis et d'autres maladies par la voie qui vient d'être indiquée. On doit apprendre aux hommes que l'habitude de vaquer aux nécessités naturelles n'importe où, est une source de danger très sérieuse, et ceux qui agiraient ainsi, sauf nécessité majeure et en dehors d'endroits désignés à cet effet, encourraient des pénalités. Il y a, dans ce cas, des mesures à prendre. Aux mines de Dolcoath, on a disposé des seaux métalliques dans les galeries ; ces seaux sont remontés périodiquement à la surface pour être vidés et on emploie des désinfectants.

Dans les parties souterraines où le sol et l'air sont également secs, il n'y a pas le même danger d'infection que dans les endroits humides, parce que les larves ne peuvent exister qu'en présence de l'humidité. Dans les mines de Cornouailles, l'air est toujours saturé de vapeur et le sol presque toujours mouillé. Les effets de l'air humide sur le développement de l'ankylostomiasis sont mis en évidence par les statistiques des houillères allemandes, où l'on voit que sa propagation est singulièrement favorisée par l'arrosage des poussières de charbon.

A Dolcoath, l'épidémie a beaucoup diminué depuis deux ou trois

ans, et cet heureux effet est probablement dû à ce que M. Arthur Thomas, le directeur, soupçonnant que les éruptions de la peau pouvaient être causées par la pollution de la mine, avait fait faire un large emploi de chlorure de chaux et autres désinfectants, et pris des mesures pour accroitre la ventilation, ce qui a eu pour résultat de rendre l'air plus sec. M. Haldane ne pense pas qu'il soit nécessaire de recourir au système compliqué d'examen médical en usage en Allemagne, et croit que le vrai remède est d'améliorer les conditions sanitaires des houillères, ce qui suffira probablement à empêcher la maladie de se développer là où elle viendrait à se produire.

Le parasite dont il vient d'être question, l'ankylostoma duodenale, s'appelle, dans certains pays, le ver des tunnels, parce qu'il se rencontre chez les ouvriers employés aux travaux de percement de ces ouvrages. Le *Journal des Ingénieurs et Architectes d'Autriche* a donné quelques renseignements à ce sujet. On sait qu'une invasion de ce parasite a été constatée pendant la construction du tunnel du Gothard. L'infection se produit par les matières fécales qui contiennent des œufs lesquels se développent dans l'eau sous forme de larves et celles-ci s'introduisent dans le corps de diverses manières, notamment dans l'eau qui sert de boisson.

Pour enrayer la propagation de ce ver, le Ministère Hongrois de l'Agriculture et des Mines a publié des instructions portant que les ouvriers engagés pour les travaux des tunnels doivent subir une inspection médicale pour l'ankylostomiasis; en outre, des mesures prophylactiques doivent être prises, telles que l'usage obligatoire de latrines spéciales formées de vases en métal contenant de la terre et fermées par des couvercles étanches; ces vases doivent être portés tous les jours au dehors et le contenu enfoui dans le sol après traitement par la chaux vive et le sulfate de fer. On a trouvé utile l'emploi de la tourbe comme absorbant et désinfectant. On doit avoir grand soin de fournir aux ouvriers de l'eau potable conservée dans des vases bien propres et à l'abri de la contamination. L'addition à l'eau d'un millième d'acide citrique pur la rend plus propre à étancher la soif et rend plus difficile l'existence des parasites. Tous les boisages et les cloisons en bois doivent être fréquemment lavés avec des dissolutions de chaux et de sulfate de fer; on ne doit pas, autant que possible, laisser les ouvriers prendre leurs repas dans le tunnel; en en sortant, ils doivent se laver à grande eau et changer de vêtements, les habits qu'ils viennent de quitter doivent être lavés avant d'être remis.

Des prescriptions de ce genre ont été trouvées très efficaces au tunnel du Simplon et leur adoption aux travaux de l'Arlberg a empêché la propagation du parasite dans le personnel, bien que plusieurs ouvriers qui venaient du Gothard en fussent atteints.

Pour la Chronique :
A. MALLET.

BIBLIOGRAPHIE

IVe SECTION

Traité de la condensation. — Condensations indépendantes. Condensations centrales. Refroidissement artificiel de l'eau, par F.-J. Weiss, Ingénieur à Bâle, traduit de l'allemand, par E. Hannebicque, Ingénieur des laminoirs de MM. Schneider et Cie au Creusot (1).

Dans les premiers chapitres l'auteur met au point, en les coordonnant, les connaissances actuelles relatives à la condensation par mélange et à la condensation par surface. Il débute en faisant la distinction, pour ces deux systèmes, entre la condensation à *circulation parallèle* et celle à *circulation méthodique*.

Dans la circulation méthodique, la vapeur à condenser arrive dans le bas pour un appareil vertical, alors que l'eau froide arrive dans le haut; l'air est extrait en haut et l'eau chaude en bas; l'afflux de vapeur à condenser se fait donc en sens inverse du courant d'eau. Au contraire, quand l'air et l'eau chaude sont extraits ensemble, la condensation a lieu par circulation parallèle.

La circulation méthodique a l'avantage d'employer une pompe à vide beaucoup plus petite et de n'exiger, pour cette dernière, qu'une dépense de travail notablement plus faible. En outre, le volume d'eau froide nécessaire à la condensation est aussi plus réduit.

Cette distinction dans la circulation a entraîné l'auteur à séparer également la pompe à air, qui enlève à la fois l'eau chaude et l'air, et la pompe à vide qui, dans la circulation méthodique, n'enlève que l'air, l'eau chaude étant éliminée par une pompe spéciale.

Dans les deux cas, l'air à extraire provient de celui qui est en dissolution dans l'eau et des fuites par les joints du condenseur, ceux de la conduite d'échappement, les presse-étoupes des machines, etc.; d'après l'auteur, ces fuites amènent une quantité d'air plus grande que celui qui est en dissolution dans l'eau.

Dans le premier chapitre consacré à la condensation par mélange, l'auteur calcule ensuite la quantité d'eau froide nécessaire et les dimensions de la pompe à vide; il expose incidemment l'idée, dans la condensation à circulation parallèle, d'améliorer le vide en faisant passer la masse gazeuse dans un condenseur additionnel à circulation méthodique. Ce premier chapitre se termine par la description du condenseur à circulation méthodique imaginé par l'auteur.

Le second chapitre est consacré à la condensation par surface; l'auteur distingue les condenseurs ouverts, c'est-à-dire plongés dans des bassins d'eau froide ouverts et les condenseurs fermés dans lesquels l'eau entre en un point et sort par un autre; il établit également la

(1) In-8e, 255 × 165, de xx-508 p. avec 117 fig. — Paris, Veuve Ch. Dunod, 1903. Prix : broché, 20 francs.

quantité d'eau froide nécessaire, la surface de refroidissement et les dimensions de la pompe à vide.

Dans les chapitres suivants, l'auteur calcule le temps nécessaire pour établir le vide dans le condenseur et la puissance exigée pour les pompes à eau, à vide et à air. Il fait ressortir ensuite l'utilité de la condensation d'après les diagrammes théoriques de la machine à vapeur.

Le chapitre VI est consacré au calcul d'une condensation centrale; ce genre de condensation est très usité en Allemagne, dans les grandes usines métallurgiques, les mines, les stations d'électricité. L'auteur fait ressortir l'économie brute résultant de la marche à condensation, dont il déduit toutefois la puissance absorbée par la condensation, la perte résultant de l'abaissement de température de l'eau d'alimentation des chaudières et l'amortissement du capital engagé dans l'installation de la condensation.

Dans le chapitre VII l'auteur calcule le diamètre de la conduite d'échappement entre le cylindre et le condenseur.

Le chapitre VIII est consacré à l'étude des phases de la distribution: avance à l'échappement et plus particulièrement la compression; à fraction de course égale, la compression est naturellement plus faible dans une machine à condensation; la distribution par organes indépendants, soupapes ou Corliss, permettra d'agir plus aisément sur la compression.

Dans le chapitre IX. l'auteur décrit un tiroir plan de distribution de son système qui permet d'ouvrir rapidement à l'échappement tout en permettant de réaliser une plus grande longueur de compression. M. Weiss a combiné également sa distribution avec le tiroir Trick dans le but de réduire la course du distributeur. Il a réalisé cette double combinaison sous la forme cylindrique pour les machines à grande vitesse.

Dans le chapitre X l'auteur expose la notion de ce qu'il appelle *accumulateur à eau froide*, pour les condenseurs de machines à consommation variable, telles que les machines d'extraction, de laminoirs, etc. Cet accumulateur est constitué par un réservoir de grande capacité greffé sur le condenseur. L'eau, tantôt froide dans les coups sans admission, tantôt chaude en marche normale, y prend une température moyenne; ce dispositif permet donc de lutter contre l'inertie des condenseurs.

Enfin l'ouvrage se termine par une étude sur le refroidissement artificiel de l'eau servant à la condensation. L'auteur s'est efforcé de fixer les lois suivant lesquelles s'opère ce refroidissement; mais la question est très complexe. Il arrive cependant, sinon à établir une méthode directe de calcul, donnant immédiatement et sans difficulté, dans chaque cas particulier, les dimensions des appareils réfrigérants, du moins à montrer dans quelles circonstances et sous quelles conditions ces appareils doivent fonctionner pour donner les meilleurs résultats.

COMPÈRE.

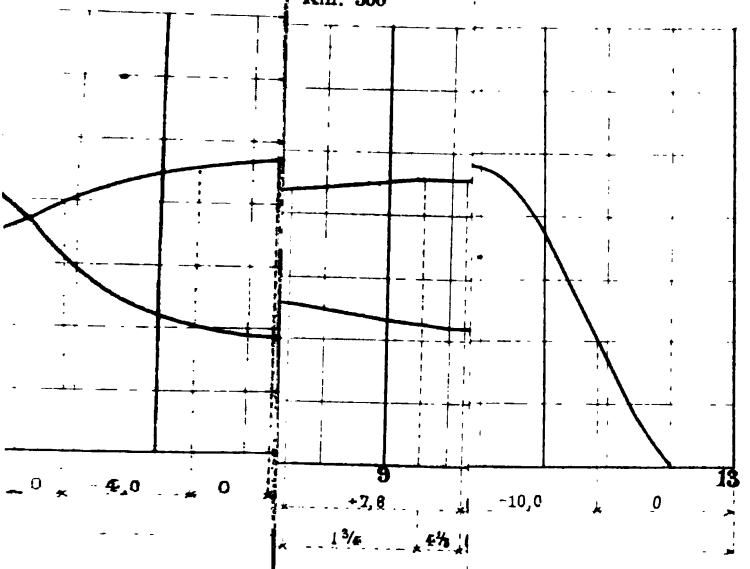
Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGERE, 20, PARIS. — 10168-8-03. — (Encre Lorilleux).

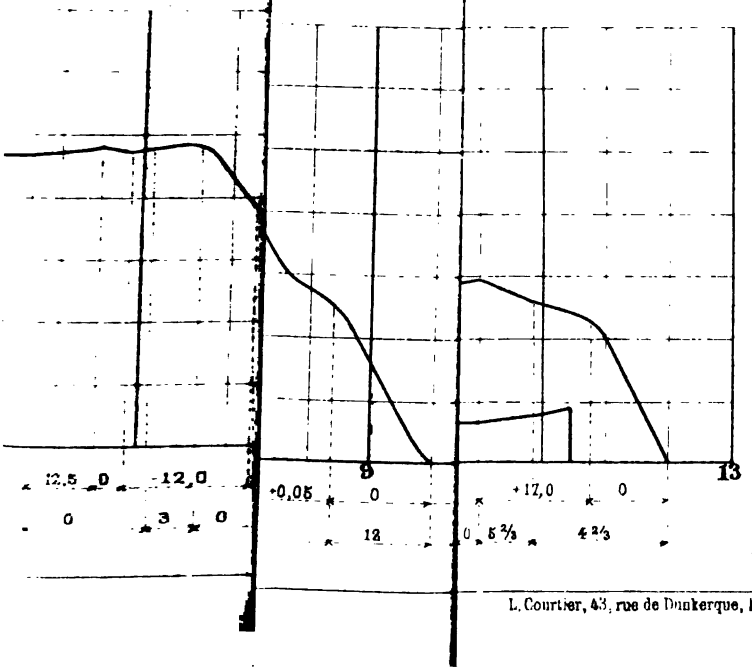
...HOUSE N° 78

...oltage . 570. - ...00
supplémentaire

...e totale y compris ...esse moyenne 49,...ne 56 Km : h
...e des kilowatts - 80... ...res par voiture-kilo...re-kilomètre : 2,45
Distan... Km. 306



4' 0". — Vitesse m...
Kilowatt-heures par ... 1,78
...re stations - 3 Km



L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

SEPTEMBRE 1903

N° 9

RECHERCHES

SUR LA

TRANSMISSION DE LA CHALEUR

DANS LES APPAREILS D'ÉVAPORATION

A MULTIPLE EFFET

PAR

M. SEKUTOWICZ

INTRODUCTION

La crise dont souffre actuellement l'industrie sucrière a pour effet d'appeler l'attention des intéressés sur tous les moyens dont on peut disposer pour réduire les frais de fabrication.

La dépense de combustible, qui représente encore, dans certaines usines 20 0/0 de ces frais, pourrait souvent être ramenée à 10 ou 15 0/0 ou, en d'autres termes, tomber de 2 *f* à 1 *f* ou 1,50 *f* par tonne de betteraves. D'autre part, les nécessités inévitables de la concurrence internationale vont nous obliger à concentrer dans les usines les mieux situées, les plus puissantes et les mieux outillées, la production du sucre brut, qui est répartie actuellement entre un nombre beaucoup trop grand de petites usines médiocres.

Les chiffres suivants font ressortir cette situation :

DONNÉES STATISTIQUES DE 1902	AUTRICHE	ALLEMAGNE	FRANCE
Nombre de fabriques actives	216	395	332
Production totale de sucre brut. . tonnes.	1 300 000	2 320 000	1 080 000
Production moyenne par fabrique —	6 000	5 900	3 250

Le tonnage moyen de la production d'une usine constitue l'un des principaux facteurs d'abaissement du prix de revient. On voit donc que, pour porter à 6 500 *t* la production moyenne

par usine française, c'est-à-dire pour nous placer sur un pied d'égalité avec nos concurrents les plus directs, il faudra fermer une sucrerie sur deux.

Sans doute cette disparition sera progressive et non immédiate, mais elle s'imposera aussi sûrement que s'imposa jadis celle des nombreux petits hauts fourneaux qui existaient encore en 1870.

Cette concentration d'outillage est appelée à se faire avec la plus grande économie possible. Or, en ce qui concerne les appareils d'évaporation, dont les éléments sont en quelque sorte inusables, on utilisera souvent, pour agrandir les usines conservées, le matériel provenant des usines disparues.

On doit donc prévoir des remaniements prochains dont l'attente est de nature à attirer l'attention des techniciens sur les questions relatives aux appareils d'évaporation. Ces questions figuraient d'ailleurs au programme du Congrès international de Chimie appliquée qui s'est tenu à Berlin en juin 1903. Le Dr Claassen, très connu par ses recherches personnelles à ce sujet, y a rappelé les résultats de ses recherches antérieures et a essayé de les expliquer, en utilisant les recherches récentes de M. Austin. Il s'est produit, d'autre part, dans la presse spéciale une polémique au sujet de la possibilité de calculer *a priori* les dimensions les plus favorables d'un appareil à effets multiples.

Cette possibilité était affirmée par M. Willaime, Ingénieur des Arts et Manufactures, dans une étude récente où il indiquait une méthode générale de calcul. M. Vignier, directeur de la sucrerie de Pommiers, a exposé récemment une méthode de calcul analogue.

Jusqu'à présent, les auteurs qui avaient traité des appareils à effets multiples avaient laissé de côté cette partie de la question. Il nous paraît intéressant d'exposer, à cette occasion, quelques recherches personnelles concernant ces questions.

Tel est l'objet du présent travail.

CHAPITRE PREMIER

Étude expérimentale des appareils d'évaporation à effets multiples.

§ I. — Étude de la circulation dans les appareils a faisceau tubulaire vertical.

Les appareils d'évaporation à effets multiples employés dans les sucreries françaises se composent presque exclusivement de caisses verticales dans lesquelles la surface de chauffe est constituée par un faisceau tubulaire, en laiton étamé, d'une hauteur variant de 1 à 2 *m*, ordinairement de 1,20 *m*.

Fig. 1.

Les appareils à tubes horizontaux genre Jelinek ne sont que très peu répandus dans notre pays. On leur reproche leur encombrement, la complication de leur construction et le coût d'entretien qu'elle apporte avec elle notamment à cause de la réfection annuelle des joints.

L'appareil français à tubes verticaux est à peu près inusable et son entretien annuel se borne au remplacement de quelques tubes. Son faisceau tubulaire vertical *(fig. 1)* constitue un dispositif très rationnel lorsqu'il renferme un ou plusieurs gros tubes de retour permettant une circulation active du liquide.

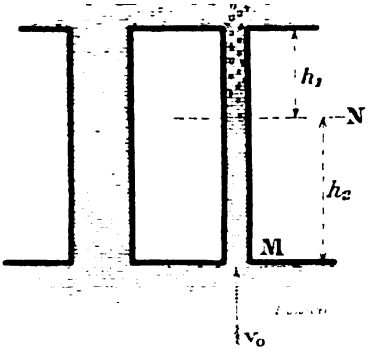
La surface de chauffe du gros tube étant négligeable par rapport à sa section, si l'on suppose l'appareil plein de jus froid, le réchauffage commence dans les petits tubes. Sous l'action de la différence de densité du jus froid du gros tube et du jus réchauffé des petits tubes, une circulation lente s'établit dans le sens des flèches. Sa vitesse s'accélère lentement jusqu'à ce que le liquide arrive à une température voisine du point d'ébullition. A ce mo-

ment, l'ébullition débute par la partie haute des petits tubes, où règne la plus faible pression et elle s'étend de haut en bas jusqu'à un plan limite dont nous déterminerons la position.

Dès que l'ébullition commence dans les petits tubes, la circulation prend subitement une grande activité, car la densité de la vapeur étant négligeable relativement à celle du jus, la colonne émulsionnée des petits tubes est très légère et la différence de pression qui produit le mouvement devient aussitôt très importante.

Mais deux effets tendent à donner au débit de jus dense à la base du petit tube une valeur finie et déterminée. D'abord la production de vapeur du tube a une limite déterminée par la chute de température et la valeur du coefficient de transmission correspondant au régime de circulation limite. Il en résulte que plus la vitesse s'accroit et plus la proportion de vapeur dans le mélange formant la colonne émulsionnée diminue. Par suite, la cause même du mouvement devient moins active. D'autre part, les pertes de charge qui se produisent dans le circuit croissent rapidement avec la vitesse. La principale de ces pertes de charge, due à l'annulation brusque de la vitesse du mélange émulsionné au débouché supérieur du petit tube, croit très vite avec la densité du mélange. La circulation tend donc à se modérer très énergiquement.

Fig. 2.



Soit v_0 la vitesse du jus dense à la base d'un petit tube, d, la densité du mélange émulsionné sortant de sa partie haute, h, la hauteur de la partie du tube renfermant une colonne émulsionnée et d_1 la densité moyenne de ce mélange. Les densités sont rapportées à celle du jus non émulsionné.

La charge motrice produisant la circulation, évaluée en colonne de jus dense, a pour valeur $h_1 (1 - d_1)$.

Les pertes de charge éprouvées par le courant fluide comprennent une perte de la forme $A \frac{v_0^2}{2g}$, créée par l'augmentation brusque de vitesse au passage de la plaque tubulaire supérieure

dans le tube central, le frottement dans ce tube (1) et la diminution brusque de vitesse à sa sortie et une perte de la forme $B\frac{v_0^2}{2g}$ qui correspond à la contraction à l'entrée dans le petit tube par le bas et au frottement. En outre, une perte de charge, qui est souvent la plus importante, se produit au débouché supérieur du petit tube. Là, en effet, la masse émulsionnée dont la vitesse a pour valeur $V = \frac{v_0}{d}$ perd brusquement cette vitesse dans le remous qui règne sur la plaque tubulaire supérieure ou épuise sa force vive en donnant lieu à une projection inutile. La perte de charge correspondante $\frac{v^2}{2g}$ a donc pour valeur $\frac{1}{d}\frac{v_0^2}{2g}$.

L'équation du mouvement est donc :

$$h_1 (1 - d_1) = \left(A + B + \frac{1}{d}\right)\frac{v_0^2}{2g}.$$

En pratique, la densité d_1 diffère peu de d parce que la hauteur h_1 est faible. Par suite, la plus grande partie de la vapeur est déjà formée à la base de la colonne de hauteur h_1. Dans tous les cas, on peut admettre que $d_1 = Kd$, K étant sensiblement constant.

Appelons u la vitesse qu'aurait la vapeur produite si elle sortait seule par un orifice de section égale au débouché supérieur du petit tube.

On aura : $$d = \frac{v_0}{u + v_0}$$

en négligeant la densité de la vapeur par rapport au jus.

Si la production de l'appareil est connue, on connaît la valeur de u. On pourrait donc calculer v_0 à condition de connaître h_1.

Or h_1 est très difficile à calculer, mais, par contre, très facile à mesurer, comme nous le verrons (2). Supposons donc cette quan-

(1) En réalité, d'après Zeuner, la perte de charge, due au frottement, est de la forme $\left(\alpha + \frac{\beta}{\sqrt{v}}\right)\frac{v^2}{2g}$, mais, quand v varie de 0,50 m à 2 m, le terme $\alpha + \frac{\beta}{\sqrt{v}}$ varie seulement de 0,029 à 0,022.

(2) Il faudrait, en effet, connaissant le coefficient de transmission qui correspond à la vitesse v_0, écrire que la température du liquide en N, produite par le réchauffage de M en N, est égale à la température d'ébullition sous la pression qui règne en N. Or, le réchauffage dépend du débit et par suite de v_0 et la pression dépend des pertes de charge. On arrive à une formule compliquée et inutilisable.

tité connue et admettons que K = 1 et que les résistances autres que celle qui est due à l'annulation de la vitesse au débouché supérieur du petit tube soient négligeables. On aura :

$$h_1 \left(1 - K \frac{v_0}{u + v_0}\right) = \left(A + B + \frac{u + v_0}{v_0}\right) \frac{v_0^2}{2g}$$

ou ici

$$h_1 = \left(1 + \frac{v_0}{u}\right)^2 \frac{uv_0}{2g}.$$

Mais v_0 est toujours très petit par rapport à u, car v_0 est toujours inférieur à 1 m, tandis que u varie dans nos appareils de 10 à 50 m par seconde.

On a donc approximativement :

$$h_1 = \frac{uv_0}{2g}.$$

Si h_1 a une valeur donnée, v_0 est d'autant plus faible que u est plus grand. Or u dépend à la fois de l'activité de la transmission et du volume spécifique de la vapeur. Si donc le volume spécifique est très grand la circulation du jus sera faible. Or c'est le cas des derniers corps des appareils à effets multiples. Le volume spécifique de la vapeur est six fois plus grand dans le quatrième corps que dans le second, et nous avons constaté par expérience que h_1 n'y est pas supérieur. Donc la circulation y est beaucoup moins active (1).

On voit aussi que, dans un corps donné, il y a intérêt à augmenter h_1. Le meilleur moyen pour cela est de travailler avec peu de jus dans la caisse.

§ II. — Détermination expérimentale des pressions et des vitesses.

La difficulté que l'on rencontre à déterminer par le calcul le régime de circulation nous a conduit à étudier expérimentalement le phénomène.

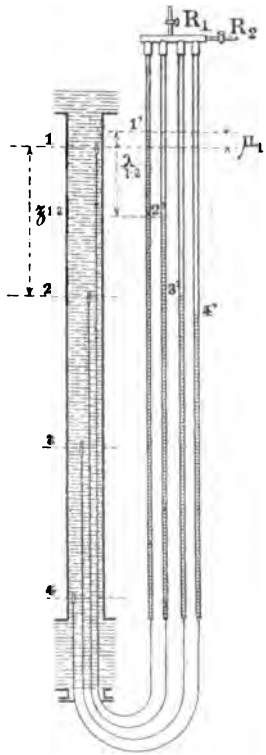
A cet effet, nous avons placé, en quatre points convenablement répartis sur la hauteur du tube, des ajutages capables de donner exactement la pression statique en ces points. Les ajutages com-

(1) Certains inventeurs ont proposé d'activer cette circulation au moyen d'une hélice ou d'une pompe centrifuge. Nous ne pensons pas que l'augmentation de production réalisée compense les frais d'établissement et d'entretien de ce dispositif. Cependant l'essai aurait un intérêt théorique incontestable.

muniquaient avec autant de tubes de verre, en relation par leur extrémité supérieure avec la calandre de la caisse étudiée. Soit $l_{1,2}$ la distance verticale de deux ajutages et $\lambda_{1,2}$ la différence de niveau du jus dans les deux tubes correspondants. La densité de la colonne (1)-(2), rapportée au jus dense contenu dans les tubes de verres, sera : $d_{1,2} = 1 - \frac{\lambda_{1,2}}{l_{1,2}}$.

Comme tous les tuyaux de communication entre les ajutages et les tubes suivent le même trajet et sont à la même température, il n'y a aucune correction de température à apporter par suite de la présence de ces siphons renversés. Toutefois, si l'on a affaire à un liquide dense s'écoulant très vite, la perte de charge de (4) en (3) se traduira par une augmentation apparente de densité. L'influence de ce facteur est négligeable (1).

Fig. 3.



La pression statique absolue en chaque point, tel que (1), est égale à celle qui règne dans la calandre augmentée de la colonne u_1. Connaissant, d'autre part, la densité moyenne de la colonne (1)-(2), on peut calculer la pression en tout point de cette colonne.

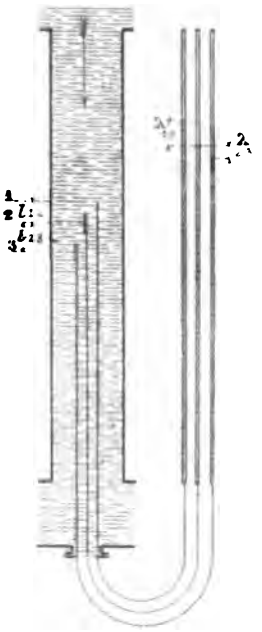
Nous avons placé des équipages de ce genre dans chacune des caisses d'un quadruple effet et nous avons constaté que le régime des pressions varie constamment mais régulièrement. L'introduction du jus dans chaque corps, étant réglée à la main par l'ouvrier évaporeur au moyen d'une soupape, se produit par à-coups. Si l'on commence l'observation au moment où l'on vient d'activer l'introduction et où la plaque tubulaire est très couverte de jus, on constate que, sur toute la hauteur du petit tube, le jus est dense, sans émulsion appréciable. Il n'y a pas d'ébullition dans le tube, et la caisse travaille comme un réchauffeur.

(1) Ces ajutages ont été construits par M. Demichel. Toutes les lectures doivent être faites après avoir rempli les tuyauteurs de jus dense. Le robinet R_2 servait soit à rentrer du jus, soit à en laisser sortir (suivant les conditions de pression) pour arriver à ce résultat.

L'ébullition ne se produit qu'au débouché supérieur du tube.

A mesure que l'évaporation prend de l'avance sur l'admission, le niveau baisse, le plan limite d'ébullition descend et, en marche normale, se fixe à une autre cote comprise en général dans le tiers supérieur du tube. Si l'on continue à n'assurer qu'une admission insuffisante, le plan limite descend jusqu'au milieu du tube. Souvent alors la plaque tubulaire est découverte; il n'y a plus de circulation proprement dite, on ne constate que des projections de jus émulsionné par les petits tubes (1).

Fig. 4



Le régime de circulation varie beaucoup plus dans un même corps, suivant la quantité de jus qu'il contient, que d'un corps à l'autre en régime normal. Cependant, dans le premier et le quatrième corps de notre quadruple effet, il n'y a jamais d'ébullition que sur une hauteur de 0,10 *m* à 0,20 *m*. Il est vrai que ces caisses sont tenues toujours très pleines par l'évaporeur.

Nous avons cherché à contrôler les résultats précédents par une mesure directe de la vitesse de circulation, au moyen du double ajutage de Pitot. A cet effet, nous avons placé dans le tube central un équipage composé d'un ajutage dynamique et de deux ajutages statiques. Ces deux derniers indiquaient la densité d'une colonne de jus de hauteur connue (0,20*m*), rapportée au jus dense. Si l'on avait affaire à du jus dense et si la distance verticale $l_{1.2}$ pouvait être réduite à 0, la vitesse serait donnée par la relation $v = \sqrt{2g\lambda_{1.2}}$. Mais, en tenant compte de ce que la colonne 1.2 est formée de jus de densité $d = 1 - \frac{\lambda_{2.3}}{l_{2.3}}$ et de ce que la différence des pressions en 1 et 2 doit être exprimée en colonne de jus de densité d, on trouve aisément que

$$v = \sqrt{2g\frac{\lambda_{1.2}l_{2.3} - \lambda_{2.3}l_{1.2}}{l_{2.3} - \lambda_{2.3}}}.$$

(1) Ce régime de marche est recommandé par la plupart des auteurs comme donnant la transmission la plus active.

Nous avons enfin placé à la base d'un petit tube un équipage de Pitot simple, composé seulement d'un tube dynamique et d'un tube statique. Là, le jus est toujours dense et la vitesse est donnée directement par la dénivellation :

$$v = \sqrt{2g_{z,1}}.$$

Le résultat des lectures peut se résumer comme suit :

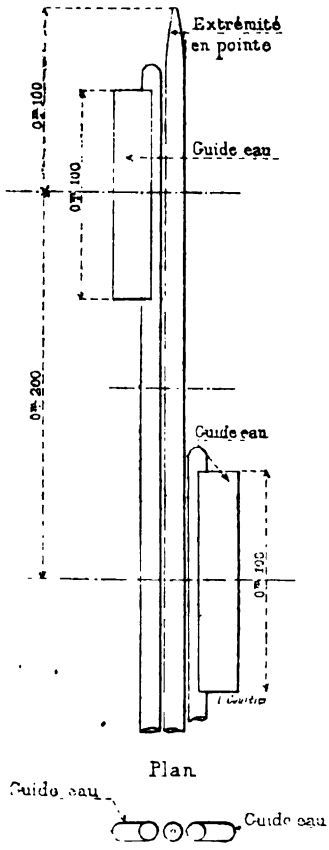
1° Les vitesses varient dans des limites très étendues. Nulles ou très faibles quand la plaque tubulaire est à peine recouverte de jus ou, au contraire, lorsque la caisse est trop pleine, elles passent par un maximum pour un certain degré de remplissage,

2° Dans le tube central, nous avons observé des vitesses descendantes variant de 0 à 0,90 *m* par seconde dans le premier corps, de 0 à 1,25 *m* dans le second, de 0 à 1,30 *m* dans le troisième. Le quatrième corps de notre appareil n'a pas de tube central;

3° Dans un petit tube, la vitesse paraît varier à la base, c'est-à-dire dans la partie où il n'y a que du jus dense, de 0 à 0,50 *m* pour le premier corps et de 0 à 2 *m* dans le troisième.

Il y a lieu de reconnaître que les lectures sont délicates à cause de l'instabilité du phénomène. Aussi les essais devront-ils être poursuivis.

Fig. 5.
Ajutage triple pour la mesure des vitesses



Les observations faites relativement à la densité de la colonne de jus peuvent se résumer comme suit :

Partie du tube étudiée :	1-2	2-3	3-4	h_1
Premier corps. .	0,88 à 1	1	1	0 à 7 *cm*
Second corps . .	0,10 à 1	0,50 à 1	0,90 à 1	0 à 34 *cm*
Troisième corps .	0 à 1	0,70 à 1	1	0 à 45 *cm*
Quatrième corps.	0,9 à 1	1	1	0 à 7 *cm*

On ne peut attribuer à ces premiers résultats qu'un caractère qualificatif et nous désirons surtout, en les indiquant ici, appeler l'attention sur l'intérêt qu'il y aurait à poursuivre des recherches semblables dans plusieurs usines.

Mais on voit cependant que dans les appareils industriels la transmission s'effectue souvent sans ébullition sur les deux tiers au moins de la surface de chauffe, et avec une vitesse de circulation du jus comprise entre 0 et 2 *m* par seconde.

Quand on place sur une caisse un niveau d'eau relié à la partie inférieure du fond et d'autre part à la calandre, on mesure non pas le niveau du jus dans l'appareil, mais la pression moyenne à la base des petits tubes augmentée de la perte de charge à l'entrée de ceux-ci. Si nous négligeons cette perte de charge, le niveau indiqué représentera le poids d'une colonne de jus équivalent à celui des colonnes en partie denses et en partie émulsionnées contenues dans les petits tubes. Par suite, le niveau donnera une idée approximative de la position du plan limite d'ébullition (la position vraie de ce plan sera un peu au-dessous).

Le docteur Claassen a fait quelques essais sur l'influence de ce facteur (1). Dans un triple effet à tubes de 1,37 *m* de long, la position du plan était considérée comme haute quand elle correspondait à la cote 1 *m* à 1,20 *m* au-dessus de la base et comme basse quand elle correspondait à la cote 0,30 *m* à 0,40 *m* (pour le troisième corps 0,80 *m* et 0,20 *m* à 0,30 *m*).

La moyenne de six essais a donné les résultats suivants :

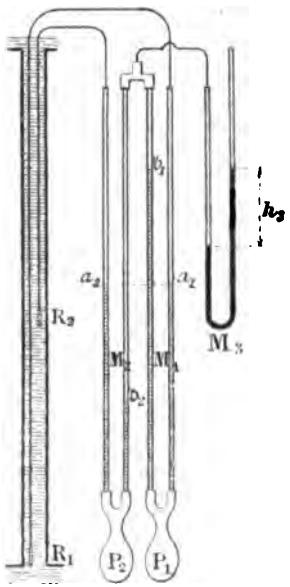
Coefficient de transmission.	Niveau haut.	Niveau bas.	Augmentation.
Premier corps.	2 350	2 930	25 0/0
Second corps	1 580	2 070	31 0/0
Troisième corps	940	1 050	12 0/0

(1) Sans en indiquer toutefois la véritable signification.

§ III. — Étude expérimentale de la température du jus.

Il y aurait lieu de chercher expérimentalement quelle est la température du jus un peu au-dessous du plan limite d'ébullition. Nous avons essayé d'employer à cet effet un thermomètre à air différentiel, car les thermomètres à mercure sont trop fragiles, les enregistreurs trop peu sensibles et nous ne pouvions recourir à des couples thermoélectriques. Les réservoirs et les tubes en cuivre étiré, étamé, se sont montrés perméables à l'air, de sorte que les lectures faites pendant les premières heures de marche peuvent seules être utilisées.

Fig. 6.
Thermomètre à air différentiel



L'appareil comprenait deux réservoirs thermométriques R_1 R_2 en communication au moyen de tubes de laiton capillaires avec deux manomètres en U remplis d'huile M_1 M_2. Ces deux manomètres sont en communication au moyen d'un raccord en forme de T avec un manomètre à mercure M^3. Le tout étant à la même température t_0, on s'arrange au montage de manière que la dénivellation soit nulle dans chacun des trois manomètres. L'air sec contenu dans l'appareil est alors à la pression p_0 du moment.

Si l'on porte R_1 dans une enceinte à la température t_1 et R_2 à la température t_2, on aura :

$$\frac{p_1}{p_0} = \frac{1 + \alpha t_1}{1 + \alpha t_0}, \qquad \frac{p_2}{p_0} = \frac{1 + \alpha t_2}{1 + \alpha t_0},$$

d'où

$$t_2 - t_1 = \frac{1 + \alpha t_0}{\alpha p_0} (p_2 - p_1).$$

Pour faire la lecture, on ramènera le volume de l'air des deux côtés à sa valeur initiale en pressant sur les poires P_1 et P_2 jusqu'à ce que l'huile revienne aux traits initiaux $a_1 a_2$. Alors la hau-

teur d'huile $b_1 b_2$ mesurera directement la différence de pression $p_2 - p_1$ (1).

Les réservoirs thermométriques étant placés dans le troisième corps d'un quadruple effet, l'un à la base d'un petit tube et l'autre au milieu de la hauteur, nous avons observé un réchauffage variant de 0 à 7 à 10 degrés. (S'il n'y avait pas de surchauffe, ce chiffre n'aurait pu dépasser 5 degrés.)

Au bout de quelques jours, le vide s'est fait dans les réservoirs à cause de la porosité du métal et les lectures ont dû être interrompues.

Le résultat précédent paraît en désaccord avec ce que dit le docteur Claassen, dans son récent traité *Die Zuckerfabrikation*, savoir qu'un thermomètre plongé dans le liquide au-dessous ou au-dessus du faisceau tubulaire indique la même température. En réalité, il n'en est rien, car la température aux deux points indiqués par l'auteur allemand a forcément la même valeur, puisque le jus situé dans le fond de l'appareil vient directement de la partie supérieure en descendant par le tube central.

Mais, dans chacun des petits tubes, la zone située en dessous du plan limite d'ébullition est une zone de réchauffage et le maximum de température est atteint dans le plan limite.

§ IV. — Étude expérimentale du coefficient de transmission dans les appareils industriels d'évaporation.

Le coefficient de transmission industriel est défini par le nombre de calories transmises par heure, par mètre carré de surface de chauffe et par degré de chute (la chute totale étant calculée d'après les indications des manomètres). Il varie beaucoup d'une caisse à l'autre d'un appareil à effets multiples et dans un même corps avec les conditions de marche.

Essais du docteur Claassen. — Claassen (2) a exécuté dès 1892-93 une série de recherches sur un triple effet à tubes verticaux de de 1,37 *m*, composé de trois caisses de 214, 236 et 148 m^2, possédant chacune un tube central de 40 *cm* de diamètre. Les tubes

(1) La hauteur h_4 de la dénivellation du mercure et les dénivellations d'huile $a_1 b_1$ $a_2 b_2$ permettent de calculer approximativement les températures t_1 et t_2 (à un demi-degré près environ).

(2) Voir : Claassen, *Die Wärmeübertragung bei der Verdampfung Von Wasser und von Wasserigen Losungen Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*, 1902, n° 12.

en laiton avaient 45 *mm* de diamètre intérieur et 2 *mm* d'épaisseur. Les tuyaux de communication étaient assez gros pour que la vapeur n'éprouve aucune perte de charge appréciable et les caisses tubulaires étaient parfaitement purgées d'air et d'eau condensée. Les pressions étaient mesurées par des manomètres à mercure et les températures calculées d'après les tables de Regnault. La température du liquide était de même calculée en ajoutant à celle de sa vapeur le nombre de degrés correspondant à l'élévation du point d'ébullition par suite de la présence des corps dissous. (Les jus et sirops avaient un Brix variant de 10 à 65.)

La transmission du premier corps était mesurée par la pesée de l'eau condensée dans le faisceau du second corps et dans un réchauffeur qui était alimenté par ce premier corps. La transmission dans le second et le troisième corps était mesurée par la pesée de l'eau condensée dans les chambres tubulaires.

Claassen considère comme chute de température dans un corps la différence qui existe entre la température de la vapeur de chauffage et celle du jus bouillant calculée théoriquement comme il a été dit.

Voici d'abord les résultats moyens de six essais exécutés chaque jour pendant une semaine :

CORPS	I	II	III
Brix du jus bouillant (matière sèche 0/0)	7,6	22,8	57,4
Température des vapeurs (109°,4 au ballon)	103,4	93,1	67,6
Température calculée des liquides.	103,9	96,1	71,2
Chute de température calculée de vapeur à liquide.	5,5	7,3	23,9
Transmission en calories par mètre carré-heure . .	17 600	14 454	23 565
Coefficient de transmission moyen calculé d'après la chute de température . . (de vapeur à liquide (1).	3 206	1 978	986
Coefficient de transmission moyen calculé d'après la chute de température . . (de vapeur à vapeur . .	2 933	1 741	857
Coefficient de transmission le lendemain d'un nettoyage.	3 670	2 540	1 260

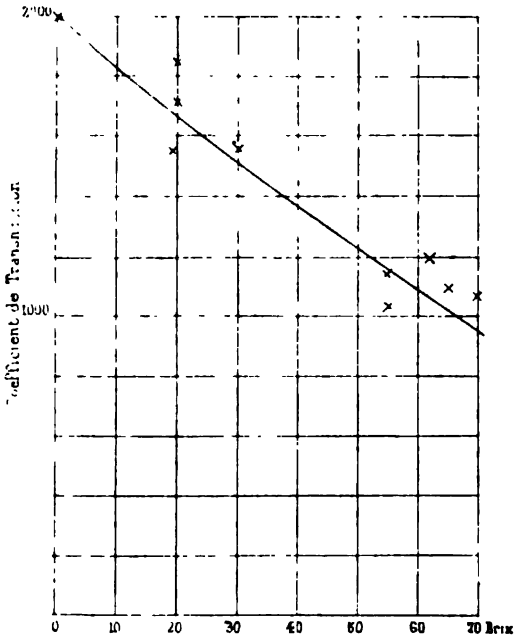
(1) Ces chiffres ne sont pas donnés par Claassen. Nous les indiquons ici pour faciliter les comparaisons avec nos propres essais résumés plus loin.

Dans les conditions moyennes de marche les coefficients de transmission étaient donc dans le rapport des nombres 3 : 2 : 1.

Pour élucider l'influence de la concentration des liquides, Claassen a fait une série d'essais sur le troisième corps en ne

faisant varier que le moins possible les températures et les chutes, mais en employant des sirops de concentration très différente. La diminution du coefficient de transmission peut être représentée par une courbe du genre de celle indiquée (*fig. 7*). Il est deux fois plus faible avec un sirop à 65 0/0 de matière

Fig. 7
Influence de concentration des liquides
sur le coefficient de transmission
d'après Claassen



	Temp d'ébullition	Chute de Temp^{re}	Brix de la Solution	Coefficient de Transmis^{on}
Série I	71_6	18_6	0	2000
	65_8	20_8	20	1860
	65_5	25_2	80	1570
	68_8	27_7	65-70	1060
II	65_6	20_3	19	1570
	66_6	22_3	30	1640
	68_4	24_7	62	1200

sèche qu'avec de l'eau pure. Dans ces essais, la température de la vapeur de chauffage était comprise entre 86 et 96 degrés, celle de la vapeur émise par le sirop entre 62 et 72 degrés. Celle du sirop était théoriquement de 66 à 72 degrés. La chute variait de 19 à 28 degrés.

	Température d'ébullition.	Chute de température.	Brix de la solution.	Coefficient de transmission.
Série I	71,6	18,6	0	2 000
	69,8	20,2	20	1 860
	65,5	25,2	30	1 570
	68,8	27,7	65-70	1 060
Série II. . . .	65,6	20,9	19	1 570
	66,6	22,3	30	1 540
	68,4	24,7	62	1 200

La forte concentration du sirop dans les derniers corps est donc une des principales causes de la faiblesse du coefficient de transmission. Mais le fait de faire bouillir le liquide à basse température agit aussi dans le même sens comme le montrent les essais suivants :

INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE D'ÉBULLITION	ESSAIS N° V AVEC SIROP			ESSAIS N° VI EAU PURE	
	a	*b*	*c*	*a*	*b*
Brix du sirop	59	62	57	0	0
Température de la vapeur de chauffage.	90,0	94,6	99,3	86,8	97,2
Température de la vapeur émise . . .	61,6	66,9	86,0	62,3	88,4
Température calculée du sirop	65,5	71,3	89,5	»	»
Chute calculée de vapeur à liquide . .	24,5	23,3	9,8	24,5	8,8
Coefficient de transmission.	930	1 170	1 410	850	2 080
Transmission en calories par mètre carré-heure.	22 785	27 261	13 818	20 825	18 304

On voit que, dans des conditions peu différentes en ce qui concerne la température de la vapeur de chauffage, le coefficient de transmission diminue beaucoup lorsqu'on abaisse la température d'ébullition. Ce fait se produit, bien que la transmission par mètre carré s'accroisse, ce qui tend cependant à augmenter, comme on le verra, le coefficient de transmission.

Enfin Claassen a étudié l'influence de la température de la vapeur de chauffage, mais comme il n'est pas possible de séparer le rôle des trois facteurs : température de la vapeur de chauffage, température du jus et chute, les résultats obtenus prouvent seulement que la transmission est d'autant plus active, à valeur égale de la chute, que les températures des deux fluides sont plus élevées.

Essais de l'auteur. — Nous avons exécuté plusieurs séries d'essais sur la marche d'un quadruple effet par une méthode différente de celle du docteur Claassen. Au lieu de peser les quantités d'eau condensée nous avons jaugé la quantité de jus envoyée dans le premier corps et nous avons déterminé avec soin la concentration des liquides sortant de chaque corps pour entrer dans le suivant. Il n'aurait d'ailleurs pas été possible d'opérer comme Claassen, vu le nombre important des prélèvements de vapeur pour chauffages.

Les températures étaient calculées d'après les indications des manomètres à mercure au moyen de lectures exécutées toutes les cinq minutes pendant plusieurs heures consécutives. Au même instant on prélevait un échantillon du sirop sur chaque tuyau de communication. Les échantillons avaient tous le même volume et étaient renfermés dans des flacons de manière à avoir par une seule analyse un échantillon moyen.

On déterminait le Brix apparent et la teneur en sucre exacte. Le calcul était effectué successivement en se servant des Brix et des teneurs en sucre et on prenait la moyenne des résultats obtenus.

Soit P_0 le poids de jus entrant en une heure dans l'appareil, et S_0 sa teneur en sucre par gramme. Le poids de sucre traversant l'appareil en une heure sera P_0S_0. Si l'échantillon moyen du jus sortant du premier corps contient S_1 de sucre par gramme, c'est qu'il sort de ce corps en une heure un poids P_1 de jus tel que $P_1S_1 = P_0S_0$. On aura donc $P_1 = P_0 \frac{S_0}{S_1}$, $P_2 = P_0 \frac{S_0}{S_2}$.....

La vaporisation de chaque corps est donc :

$$P_0 - P_1 = P_0 \left(1 - \frac{S_0}{S_1}\right);$$

$$P_1 - P_2 = P_0 \left(\frac{S_0}{S_1} - \frac{S_0}{S_2}\right);$$

$$P_2 - P_3 = P_0 \left(\frac{S_0}{S_2} - \frac{S_0}{S_3}\right);$$

$$P_3 - P_4 = P_0 \left(\frac{S_0}{S_3} - \frac{S_0}{S_4}\right).$$

La vaporisation totale est $P_0 - P_4 = P_0 \left(1 - \frac{S_0}{S_4}\right)$.

Enfin le coefficient de dépense est, comme on peut le vérifier aisément, donné par le rapport de la vaporisation du dernier corps à la vaporisation totale (1). Ce coefficient est donc :

$$\frac{P_3 - P_4}{P_0 - P_4} = \frac{\frac{1}{S_3} - \frac{1}{S_4}}{\frac{1}{S_0} - \frac{1}{S_4}} = \frac{\frac{S_4}{S_3} - 1}{\frac{S_4}{S_0} - 1}.$$

Le jaugeage du jus entrant dans l'appareil constitue, dans une usine une opération délicate. Bien que cette opération s'exécute dans notre cas au moyen d'un système de deux bacs jauges de 7 m^3 chaque, il peut y avoir une erreur de 10 0 0. Aussi n'attribuons-nous aux chiffres trouvés qu'une valeur relative. Ce sont des nombres proportionnels aux cofficients vrais et pouvant en différer de 10 à 20 0/0 mais exactement comparables entre eux. En outre, dans une usine, l'appareil est plus ou moins poussé et ne rend jamais son maximum. Donc les chiffres trouvés ont une valeur pratique certaine mais sont inférieurs aux coefficients théoriques que l'on pourrait réaliser.

Les chiffres que nous avons trouvés correspondent à une marche industrielle et non à la production maxima réalisable. Ainsi, au cours du premier essai, il y a eu un arrêt d'une demi-heure pour réparation à une pompe. Si l'on défalque la durée de cet arrêt on trouve que les coefficients doivent être augmentés de 14 0/0. Ils deviennent alors :

	I	II	III	IV
Essai du 30 novembre 1901	2 800	1 250	970	365
— du 25 octobre 1902	2 400	1 980	1 650	575
- du 5 décembre 1902	1 820	2 120	1 120	566
Claassen admet en pratique	2 400 à 3 000	1 800 à 2 400	1 200 à 1 800	600 à 900

Nos résultats concordent avec la limite basse des données pratiques de cet auteur.

(1) En calculant ainsi la dépense, on considère les quantités de vapeur prélevées pour les différents chauffages comme venant en déduction de la consommation totale de vapeur directe de l'usine, ce qui est parfaitement légitime, car un 1 *kg* de vapeur de jus à 80 ou 100 degrés fournit pratiquement autant de calories utiles que 1 *kg* de vapeur à 160 degrés.

Toutefois, ce calcul considère comme prélèvements les quantités de vapeurs dérivées vers le condenseur par les tubes ammoniacaux et les pertes de chaleur des différents corps. Il donne donc une erreur égale au double du poids de vapeur correspondant. Mais comme ces pertes sont faibles et à peu près constantes dans un appareil bien réglé, on peut suivre par cette méthode la valeur économique de la marche journalière de l'appareil au moyen de trois échantillons seulement et sans jaugeages.

Essais industriels de vaporisation exécutés sur un quadruple effet de 861 mètres carrés.

	30 NOVEMBRE 1901 DURÉE 4 HEURES				25 OCTOBRE 1902 DURÉE 7 HEURES				5 NOVEMBRE 1902 DURÉE 4 HEURES			
Composition du jus entrant dans le 1er corps.	Brix » — Sucre 12,5				Brix 12,7 — Sucre 11,5				Brix 12,1 — Sucre 11,3			
Corps numéro	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Brix du liquide bouillant dans chaque corps.	»	»	» »	»	18,3	24,2	36,5	52.2	17,0	22,5	32,6	49,2
Sucre 0/0 en poids dans chaque corps. . . .	18,9	25,3	35,6	48.5	17,1	22,5	33,2	49,1	16,0	20,9	29,8	46,1
Poids de liquide entrant dans chaque corps *kg*	28 200	18 600	14 000	9 900	39 700	26 700	20 400	13 800	34 600	24 300	18 600	13 000
Poids d'eau évaporé par heure dans chaque corps . . . . . *kg*	9 600	4 600	4 100	2 600	13 000	6 300	6 600	4 450	10 300	5 700	5 600	4 600
Quantités de vapeur prélevées dans chaque corps	5 000	500	1 500	0	6 700	— 300 (1)	2 150	0	4 600	100	1 000	0
Vapeur produite par autovaporisation dans chaque corps.	— 581	+ 412	+ 455	+ 432	— 523	+ 550	+ 660	+ 650	— 584	+ 360	+ 600	+ 600
Poids de vapeur produite effectivement dans chaque corps.	10 181	4 188	3 645	2 168	13 523	5 750	5 940	3 800	10 884	5 340	5 000	4 000
Chaleur latente de vaporisation ($\rho + Ap\Gamma'$) .	533	541	553	573	533	540	553	572	533	539	553	571
Surface des corps . . . . . m^2	403	170	132	156	403	170	132	156	403	170	132	156
Vaporisation effective par heure et mètre carré . . . . . *kg*	25,3	24,5	28,0	13,9	33,5	33,8	45,0	24,4	27,0	31,4	37,8	25,6
Température calculée de la vapeur . . *degrés*	105,5	93,5	75,3	50,4	104,4	95,1	77,2	49,7	103,5	95,5	76,8	51,0
Chute calculée de vapeur à vapeur . . *degrés*	5,5	12,0	18,2	24,9	7,4	9,3	17,9	27,5	7,9	8,1	18,7	25,8
Calories transmises par mètre carré et par heure	13 500	13 250	15 500	8 000	17 800	18 300	29 600	15 800	14 390	16 930	20 900	14 620
Coefficient de transmission.	2 450	1 100	850	320	2 420	1 980	1 650	575	1 821	2 115	1 118	566

(1) Cette valeur négative résulte de ce que les prélèvements étaient très faibles et compensés par un apport de vapeur prélevé sur le 1er corps et se rendant dans le 3e (purge de gaz incondensables).

En étudiant de près la marche d'un appareil industriel, on s'aperçoit que le coefficient de transmission d'un corps donné tend à s'accroître avec l'activité de la transmission par mètre carré et que, d'autre part, on arrive à suivre les besoins très variables de l'usine sans que les chutes changent notablement. En agissant très peu sur la température de la vapeur de chauffage du premier corps, on modifie dans de grandes limites la production de l'appareil entier. Cela prouve que l'appareil industriel jouit d'une très grande élasticité de production et qu'il suffit, dans une certaine mesure, de lui fournir plus de vapeur de chauffage pour qu'il vaporise davantage. Lorsqu'on augmente l'admission de vapeur directe, il suffit de laisser monter de 2 degrés la température dans la chambre tubulaire pour activer énormément la production de l'ensemble de l'appareil sans que la chute de température s'accroisse sensiblement même dans le premier corps.

On peut déjà conclure de cette observation qu'il y a intérêt à adopter de fortes vaporisations par unité de surface surtout dans les premiers corps. Une nouvelle preuve de ce fait résulte de ce qui s'est passé dans les usines qui ont monté des cuites chauffées par la vapeur des deux premiers corps. On a augmenté notablement la production de ces corps sans que la chute s'y accroisse en proportion et il en est résulté une augmentation importante de la production totale.

L'étude de ces phénomènes est difficile à suivre sur un appareil industriel dont on ne peut modifier à son gré les conditions de marche. C'est pourquoi nous avons construit, pendant la campagne sucrière 1901-02, un appareil d'essai permettant d'étudier le régime de la circulation dans les caisses tubulaires verticales et la variation du coefficient de transmission avec les nombreux facteurs dont dépend la transmission (1).

(1) Mollier a résumé, dans la *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*, nos 6 et 7, de 1897, la presque totalité des expériences faites jusqu'à cette époque dans divers pays sur la transmission de la chaleur.

CHAPITRE II

Recherches expérimentales exécutées au moyen de petits appareils.

I. — Appareil vertical de l'auteur.

L'appareil comprend un faisceau tubulaire vertical réduit à un seul tube de chauffage et un tube de retour non chauffé. Il utilise la vapeur même émise dans l'une des caisses du quadruple effet de l'usine, ce qui supprime toute cause de surchauffe. Le tube de retour non chauffé est entouré d'une chambre annulaire où l'on peut laisser une gaine d'air stagnant servant de calorifuge ou, au contraire, faire circuler une partie de la vapeur produite par l'évaporation du liquide de manière à supprimer toute perte par rayonnement. Les seules parties de l'appareil exposées au refroidissement sont les pièces de raccord en fonte du haut et du bas et la cheminée de 1 mètre servant de calandre qui est reliée au condenseur. Des thermomètres à mercure et des enregistreurs Richard donnent la température de la vapeur de chauffage, celle de la vapeur émise par le liquide et enfin celle du liquide bouillant prise exactement au milieu de la hauteur du tube. Les pressions sont données par des manomètres à mercure. Le niveau du jus au-dessus de chacune des plaques tubulaires est indiqué par deux tubes de verre. Enfin un indicateur de vitesse de Pitot, construit par M. Demichel, donne la vitesse descendante à la base du tube de gauche, et un tube à ajutage statique la valeur de la pression à la base du tube chauffé.

L'enveloppe contenant la vapeur de chauffage est purgée d'air, d'eau et de gaz ammoniacaux au moyen de deux tuyaux allant au condenseur. La vapeur produite par l'appareil se rend au même condenseur en passant par un tube de verre qui permet de constater l'absence d'enlèvements.

Dans les essais exécutés avec du sirop, on introduisait dans l'appareil un volume connu, défini par un trait de repère tracé sur les niveaux. Ensuite, on alimentait en eau distillée au fur et à mesure des progrès de l'évaporation, de manière à maintenir

APPAREIL D'ESSAI A TUBE VERTICAL

POUR L'ÉTUDE DE LA CIRCULATION ET DE LA TRANSMISSION DE LA CHALEUR

dans l'évaporation des liquides aux différentes pressions

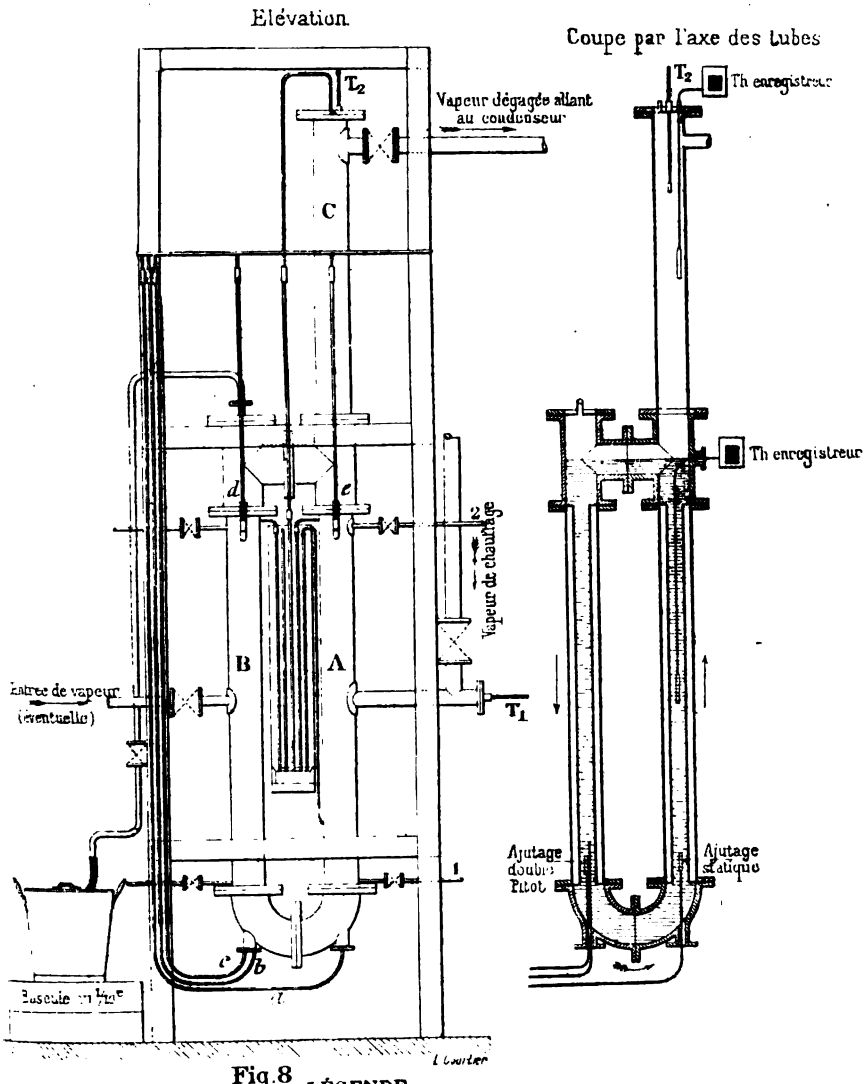


Fig. 8

LÉGENDE

A Tube de chauffe. — B Tube de retour à enveloppe de vapeur (non chauffé). — C Calandre. — 1 2 3 4 Purges d'eau condensée et de gaz incondensables se rendant au condenseur barométrique. — a Tube de niveau donnant la pression à la base du tube chauffé. — b c Tubes donnant la pression et la vitesse de circulation à la base du tube de retour. — d e Tubes indiquant le niveau du liquide en ébullition. — T_1 T_2 Thermomètres.

le volume constant. Le récipient contenant l'eau distillée servant à l'alimentation était placé sur une bascule. L'eau entrait dans l'appareil à la température même du liquide bouillant. S'il y avait une légère différence, on en tenait compte par le calcul (1).

Chaque essai durait de une à trois heures et était précédé d'un réchauffage de vingt minutes par un essai à blanc au même régime, qui permettait en outre de régler l'appareil.

Pendant la marche, l'appareil contient moins de liquide que lors du remplissage, parce que le tube chauffé renferme un mélange de vapeur et de jus. Il faut en tenir compte au point de vue de la concentration du liquide et au point de vue du jaugeage, c'est-à-dire ne faire le jaugeage que sous une pression empêchant l'ébullition. On voit enfin que l'essai comprend une première phase pendant laquelle la quantité de liquide surpasse la quantité normale. Pendant ce temps, le régime de la circulation et la transmission sont différents. C'est pourqui les essais doivent durer au moins une heure.

L'appareil était préservé contre le refroidissement extérieur par un calorifuge très soigné rendant les pertes négligeables. On a d'ailleurs pris des courbes de refroidissement pour déterminer l'influence de ces pertes.

Nous avons cherché à étudier le régime de circulation et la transmission dans deux cas très différents : celui correspondant au minimum de résistance à la circulation et celui correspondant au maximum. Le premier était réalisé par l'emploi d'un tube de retour de section égale à celle du tube chauffé et le second en insérant à la base du tube chauffé un diaphragme capable de débiter un litre par minute sous une charge de $0^m,80$. Comme on devait s'y attendre, l'ébullition se produit dans ce dernier cas sur presque toute la hauteur du tube, mais, par contre. la circulation est très faible.

Les résultats obtenus peuvent se résumer comme suit :

1° Au point de vue de la position du plan limite d'ébullition :

(1) Un appareil de ce genre ne peut pas être placé sur une bascule précise comme celui dont s'est servi le docteur Claassen. Il y a, par suite, deux façons de déterminer la quantité de liquide vaporisée au cours d'un essai. On peut en peser une quantité connue, l'introduire dans l'appareil, alimenter pendant la durée de l'essai avec un poids connu puis vider le tout et peser ce qui reste, ou bien on peut ramener le niveau, au début et à la fin, à un trait de jauge connu et ne peser que la quantité consommée pour alimenter. Cette deuxième méthode a été préférée comme donnant lieu à moins de pertes de liquide par évaporation, etc., lors des transvasements. L'autre méthode nous a servi, au contraire, avec l'appareil horizontal qui sera décrit plus loin, parce que dans ce cas le jaugeage n'aurait eu aucune précision.

DISPOSITIF EXPÉRIMENTÉ	TEMPÉRATURES			VAPORISATION totale par heure	Le plan limite est à la distance suivante du débouché supérieur	La colonne de jus équivaut à une colonne de jus dense de
	VAPEUR de chauffage	VAPEUR de jus	CHUTE de temp^re			
	degrés	degrés	degrés	kilogr.	centim.	centim.
2e Corps Sirop — Gros tube de retour	106	91	15	17,0	20	104
2e Corps Sirop — Diaphragme . . .	105	90	15	18,6	75	49
3e Corps Gros tube — Eau distillée . . .	91	66	25	22,2	25	99
3e Corps Gros tube — Sirop.	91	66	25	19,5	50	74
4e Corps Eau distillée — Gros tube	78	54	24	14,9	10-15	109-114
4e Corps Eau distillée — Diaphragme . . .	78	53	25	17,3	(?)	(?)
4e Corps Sirop — Gros tube	78	53	25	12	15	109
4e Corps Sirop — Diaphragme . . .	78	54	24	15,3	85	39

La hauteur de la zone d'ébullition est donc quadruplée ou quintuplée par la présence du diaphragme, mais sans que cela augmente la transmission de plus de 10 à 20 0/0;

2° Au point de vue de la vitesse de circulation du jus à la base du tube (cette vitesse n'a plus de sens dans le cas où il existe un diaphragme) :

CONDITIONS DE MARCHE	TEMPÉRATURES			COTE du plan limite en contre-bas	VITESSE du liquide V°
	VAPEUR de chauffage	VAPEUR de jus	CHUTE de temp^re		
	kilogr.	kilogr.	degrés	centim.	mètres
1er Corps — Eau — Gros tube .	107	100	7	(?)	0,70
	112	100	12	(?)	0,80 à 0,90
2e Corps — Eau — Gros tube. .	104	89	15	15	0,80 à 1,10
3e Corps — Eau — Gros tube. .	91	71	20	15 à 20	0,80 à 1,10
4e Corps — Eau — Gros tube. .	80	60	20	15	0 à 0,50

Ces essais auraient besoin d'être poursuivis. On voit cependant que la vitesse de circulation est inférieure dans le dernier corps, du moins, dans les conditions où nous avons opéré;

3° Au point de vue du coefficient de transmission de la chaleur :

a). Avec des chutes de température comparables à celles du grand appareil, l'appareil d'essai possède un coefficient de transmission qui est approximativement :

Double de celui du grand appareil si l'on marche en 1er corps;
Triple — — 2e corps;
Quadruple — — 4e corps.

b) Dans l'appareil d'essai, le coefficient de transmission est deux fois plus grand si l'on marche en allure de deuxième caisse que quand on marche en allure de quatrième caisse. (Dans le grand appareil il est triple.)

c) Si l'on fait bouillir à la température de 52 à 54 degrés avec une chute de 25 degrés (c'est-à-dire à l'allure du quatrième corps) de l'eau distillée, puis du sirop, on constate une diminution du coefficient de transmission. Cette diminution atteint environ 20 0/0 si le sirop est à un Brix de 40 et 45 0/0 si le Brix s'élève à 60.

d) Le dispositif de circulation adopté a une influence marquée, mais nos essais n'ont pas été assez nombreux pour permettre des conclusions définitives.

Lorsque la circulation est gênée par la présence d'un diaphragme à la base du tube de retour ou par la petitesse du tube de retour, la marche est irrégulière et les résultats sont incertains.

Les deux dispositifs intéressants sont : celui qui comporte un gros tube de retour et celui qui emploie un diaphragme à la base du tube chauffé. Dans le premier cas, la surchauffe au milieu de la hauteur du tube est d'environ 2 degrés ; dans le second, elle atteint 5 à 7 degrés et la zone d'ébullition s'étend sur la plus grande partie de la hauteur du tube au lieu d'être limitée au tiers supérieur. (Marche en allure de quatrième corps.)

Voici quelques résultats d'essais paraissant montrer que cette dernière allure est plus avantageuse (1) :

(1) Si ce mode de circulation donnait sûrement une meilleure transmission, sa réalisation serait facile en insérant sous la plaque tubulaire d'une caisse une tôle perforée percée au milieu d'un orifice du même diamètre que le tube central.

Ce dispositif réaliserait une marche analogue à celle dite par ruissellement ou à celle du Yaryan, mais par un moyen plus simple.

CONDITIONS DE MARCHE		TEMPÉRATURE du liquide bouillant	CHUTE DE VAPEUR à vapeur	EAU VAPORISÉE	
				TOTAL par mètre carré	PAR MÈTRE carré et degré de chute
		degrés	degrés	kilogr.	kilogr.
Marche en 2e corps	Gros tube . .	91	15	95	6,33
Eau distillée	Diaphragme .	90	15	101	6,73
Marche en 3e corps	Gros tube . .	64	26	110	4,20
Sirop	Diaphragme .	67	25	101	4,00
Marche en 4e corps	Gros tube . .	54	25	84	3,35
Eau distillée	Diaphragme .	54	25	96	3,85
Marche en 4e corps	Gros tube . .	53	25	68	2,70
Sirop à 40 Br.	Diaphragme .	53	25	84	3,35

§ II. — Appareil horizontal de l'auteur.

Les essais exécutés avec l'appareil d'essai vertical ont fait ressortir la variété des causes agissant sur la transmission. Parmi ces conditions, l'une des plus importantes paraissait être l'étendue relative de la surface sur laquelle la transmission s'effectue avec ébullition par rapport à la surface totale.

Afin d'essayer de mettre en lumière l'importance de ce facteur et en même temps pour nous affranchir des nombreuses autres causes de variations, nous avons entrepris une série d'essais en utilisant comme surface de chauffe un tube horizontal sur toute la surface duquel la transmission se faisait avec ébullition.

L'appareil représenté *(fig. 9)* comprend un tube ordinaire de caisse tubulaire incliné de 2 0/0 sur l'horizon, parcouru par la vapeur de chauffage et placé au centre d'un cylindre de 0,300 *m* muni de glaces, de manomètres et d'une calandre de 1 *m* de haut.

La température de la vapeur est mesurée à son entrée et à sa sortie au moyen de thermomètres à mercure gradués en cinquième de degré et permettant d'apprécier le dixième. Des manomètres à mercure donnent la pression aux deux mêmes points. Deux thermomètres identiques aux précédents sont immergés, l'un dans la vapeur de la calandre, l'autre dans le liquide bouillant, à 0,010 *m* de la paroi du tube de chauffage et à hauteur de son axe, soit à 0,05 *m* en contre-bas du niveau du liquide.

Le docteur Claassen (1) avait déjà exécuté une série d'essais du même genre au moyen d'un appareil composé d'un récipient cylindrique vertical muni d'un serpentin en cuivre de 0,045 *m* de diamètre extérieur et de 0,5 *mq* de surface de chauffe. Mais, dans ses essais, l'ébullition se faisait sous une charge de 0,40 *m* de liquide et la hauteur du liquide variait au cours de l'essai.

APPAREIL D'ESSAI A TUBE HORIZONTAL
POUR L'ÉTUDE DE LA TRANSMISSION DE CHALEUR
dans l'évaporation des liquides aux différentes pressions

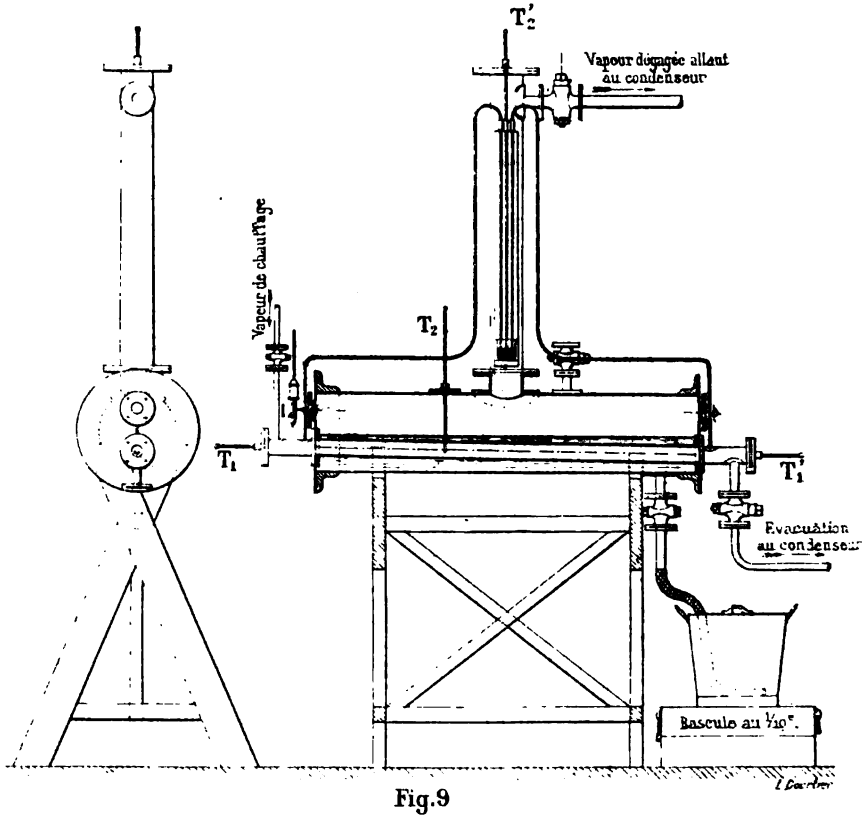


Fig.9

Dans nos expériences, la charge de liquide n'était que de 0,05 *m* au-dessus de la surface de chauffe et la surchauffe était étudiée avec soin au moyen des deux thermomètres. Claassen a constaté qu'en doublant ou triplant la hauteur du liquide (primitivement égale à 0,20 *m* en moyenne) le coefficient de transmission di-

(1) Voir : Claassen, *Die Wärmeübertragung*, etc., Z. d. V., 1902, n° 12 (déjà cité).

minuait dans son appareil de 5 à 10 0/0. (La température d'ébullition était voisine de 100 degrés. L'écart aurait été bien supérieur si l'ébullition s'était faite sous une température moindre.) Claassen a fait remarquer que la température du liquide bouillant correspond toujours à celle donnée par les tables de Regnault, mais que les couches très voisines de la surface de chauffe sont à une température supérieure, d'où résulte une diminution de la chute utile et, par suite, du coefficient de transmission calculé de vapeur à vapeur.

Pour étudier la surchauffe, nous placions un thermomètre à 0,005 *m* de la surface de chauffe et nous comparions la température correspondante à celle que donnait le calcul d'après la pression et à celle indiquée par un thermomètre plongé dans la vapeur.

Nous ferons remarquer d'abord que, la température de la vapeur observée était toujours inférieure à celle résultant du calcul. L'écart a varié de 0°,1 à 3 degrés. Mais ce dernier cas est anormal et l'écart le plus fréquent était de 0°,5. Il doit être attribué à l'influence des rentrées d'air ainsi qu'on le verra plus loin (1).

Les couches liquides voisines de la surface de chauffe étaient à une température surpassant de 0°,3 à 3 degrés celle de la vapeur, du moins dans le cas d'eau bouillant à 50-55 ou à 75-80 degrés. (A 100 degrés l'écart était négligeable.) Dans le cas où l'on faisait bouillir des sirops à 50-60 Brix, cette surchauffe a varié de de 3 à 4 degrés environ.

Le docteur Claassen a constaté, conformément à la théorie, que la vapeur ramenée à une pression inférieure par détente à travers une soupape est toujours surchauffée et qu'elle transmet moins bien sa chaleur que de la vapeur simplement saturée. Divers expérimentateurs ont constaté, d'autre part, que la pression de la vapeur va en diminuant d'une extrémité à l'autre de la chambre de chauffe. Enfin, il est reconnu que la transmission est activée si le débit de vapeur est supérieur à la consommation de l'appareil, de telle sorte qu'un excès de vapeur traverse la chambre de chauffe.

Sur le premier point, nous n'avons jamais constaté de surchauffe dans notre appareil. La température à l'entrée était toujours égale ou légèrement inférieure à celle correspondant à la

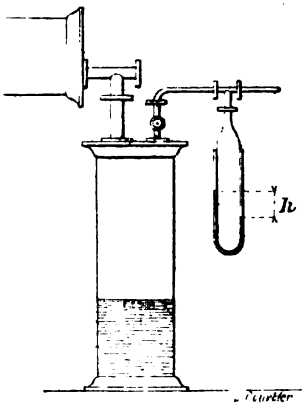
(1) Dans cinq essais avec la vapeur de chauffage à 112 degrés, la différence était de 0°,6. Dans trois essais avec de la vapeur de chauffage à 68 degrés, la différence était de 1 degré, souvent elle est nulle.

pression. En ce qui concerne la perte de charge d'un bout à l'autre du tube, elle était inappréciable en colonne de mercure, mais les deux thermomètres indiquaient une petite différence de température variant de 0 à 1 degré. Pour en tenir compte, nous prenions la moyenne. Quant à l'influence de la vitesse de parcours par suite de l'admission d'un excès de vapeur, il n'a pas été possible de s'en affranchir d'une façon sûre (1).

1° *Valeur du coefficient de transmission aux différentes températures d'ébullition.* — Le tableau résume les résultats des essais exécutés au moyen de nos deux petits appareils horizontal et vertical et ceux obtenus par le docteur Claassen avec son appareil à serpentin décrit plus haut. Tous ces chiffres ne sont pas comparables entre eux sans précautions spéciales, mais nous pouvons en déduire des chiffres réellement comparables. Nous considérons, à cet effet, la transmission dans le cas d'un liquide bouillant à 105 degrés avec une chute de température de 7 à 9 degrés, ce qui caractérisera pour nous la marche d'un premier corps de quadruple effet. Nous prendrons de même, pour le second corps, une température de 95 degrés et une chute de 12 degrés, le troisième corps une température de 75 degrés et une chute de 20 degrés, le quatrième corps une température de 55 degrés et une chute de 24 degrés.

Fig. 10.

Dispositif projeté pour le contrôle des purges allant au condenseur



On a alors les coefficients de transmission suivants pour le cas d'eau distillée, en calories par heure, mètre carré et degré :

	APPAREIL VERTICAL	APPAREIL HORIZONTAL	APPAREIL DE CLAASSEN
Premier corps	4100	2000 à 2500	1800 à 2000
Second corps	3500 à 4000	3000 à 3300	2300 à 2900
Troisième corps . . .	2000 à 2800	2700 à 3000	(2700)
Quatrième corps . . .	1500 à 2000	1100 à 1200	(2500)

(1) Pour y arriver, il faudra placer un indicateur de vitesse dans le tuyau de purge parcouru par la vapeur qui se rend au condenseur avec les gaz incondensables (*fig. 10*).

Essais de vaporisation exécutés avec de petits appareils.

Essais comparatifs exécutés avec de l'eau distillée.

A, Numéro de l'essai. — B, Température d'ébullition. — C, Chute. — D, Transmission en calories par mètre carré-heure. E, Coefficient de transmission.

	APPAREIL VERTICAL DE L'AUTEUR					APPAREIL HORIZONTAL DE L'AUTEUR					PETIT APPAREIL DU DOCTEUR CLAASSEN				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
		degrés	degrés	calories			degrés	degrés	calories			degrés	degrés	calories	
Marche en allure de 1er corps (ébullition à 105 degrés)	25	100	7	28 750	4 100	4	100,2	6,1	6 950	1 140	37 et 38	100	6,6	11 900	1 810
	27	100	12	49 000	4 100	16	104,1	7,4	15 853	2 142	39	100	6,9	12 700	1 840
	»	»	»	»	»	15	104,3	7,6	18 676	2 457	40	100	7,5	13 900	1 850
	»	»	»	»	»	17	103,7	8,1	20 806	2 568	41	100	8,7	17 200	1 977
Marche en allure de 2e corps (ébullition à 95 degrés)	Limites observées (sirop)	92	15	52 500	3 500	2	94,2	11,3	34 160	3 020	42	100	11,6	26 500	2 272
		90	15	60 000	4 000	1	94,6	11,4	37 340	3 275	45	100	14,6	39 000	2 661
	»	»	»	»	»	14	95,2	15,9	55 839	3 511	46	100	17,1	49 600	2 883
Marche en allure de 3e corps (ébullition à 65-75 degrés)	Δg (5)	66	24,8	51 100	2 050	12	77,4	16,3	44 662	2 739	»	»	»	»	»
	GT(13)	66	25	70 000	2 800	6	69,7	34,8	133600	3 839	11	70,7	34,3	92 000	2 670
Marche en allure de 4e corps (ébullition à 50-60 degrés)	Δg	53	24	37 000	1 540	11	54,9	12,8	14 274	1 115	31	60,5	37,5	93 000	2 457
	GT	54	25	47 500	1 900	9	52,5	13,5	18 290	1 354	29	59,9	39,9	101000	2 539
	PT	52	26	54 000	2 075	7	57,7	31,4	39 216	1 140	30	60,8	37,3	95 000	2 547
	Δ_1	45	25	54 000	2 180	8	55,0	34,9	42 194	1 209	26	60,9	39,2	107000	2 741
	»	»	»	»	»	3	54,9	24,1	29 715	1 233	25	60,2	39,8	113000	2 816

L'allure de marche de notre second corps donne une meilleure transmission que celle du premier, sauf dans l'appareil d'essai à tube vertical. Ce résultat provient de ce que, la chute étant plus grande, la transmission est plus active. Or, on verra plus loin que pour des régimes de marche voisins, mais ne différant que par la grandeur de la chute, le coefficient de transmission croît avec la chute. Dans l'appareil d'essai à tube vertical, la marche en allure de premier corps donne de meilleurs résultats ou des résultats au moins égaux.

Le coefficient de transmission en allure de troisième corps est moindre qu'en allure de second corps dans notre appareil horizontal. L'écart est encore plus accusé dans notre appareil vertical. Le même fait se produit avec plus de différence encore entre les troisième et quatrième corps.

Les chiffres du docteur Claassen accusent des différences moindres parce que cet auteur n'a expérimenté en allure de quatrième corps que de grandes chutes supérieures à 35 degrés et avec une température d'ébullition de 60 degrés (au lieu de 55).

En comparant nos deux dispositifs d'essai, on voit que le dispositif à tube vertical paraît donner des résultats nettement supérieurs. La présence des incrustations et la concentration des liquides qui bouillent dans les troisième et quatrième corps des grands appareils y réduisent plus encore la transmission, comparativement à celle du premier corps que dans nos petits appareils très propres et marchant à l'eau distillée.

2° *Influence des matières dissoutes dans le liquide.* — Claassen avait déjà étudié l'influence de la concentration du liquide. A la température d'ébullition de 100 degrés, le coefficient de transmission tombait à la moitié de sa valeur lorsqu'on substituait à de l'eau distillée une solution de masse cuite à 64 Brix.

Nous avons étudié le phénomène aux basses températures d'ébullition qui sont seules intéressantes, puisque les liquides ne possèdent une forte concentration que dans les derniers corps. Dans l'appareil vertical, marchant à la température d'ébullition de 53 degrés et sous une chute de 25 à 26 degrés, la transmission se trouve diminuée de 15 à 20 0/0 quand on substitue un sirop à 40 Brix à de l'eau distillée. La diminution dépasse 40 0/0 quand il s'agit de sirop à 60-65 Brix.

Dans l'appareil horizontal, nous avons obtenu les résultats suivants :

ESSAIS EN ALLURE de QUATRIÈME CORPS	NUMÉRO de l'essai	BRIX de la solution	TEMPÉRATURE d'ébullition du liquide	CHUTE de vapeur à liquide	TRANSMISSION totale en calories par mètre carré heure	COEFFICIENT CALORIES mètre carré heure, degré
Eau distillée. . .	11	0	54,9	12,8	14 274	1 115
	3	0	54,9	24,1	29 715	1 233
Sirop.	19	56,2	56,0	10,8	9 123	845
	20	56,2	55,5	20,5	22 072	1 076

En réalité, il y avait en outre une surchauffe de 4 degrés qui portait la chute observée de vapeur à vapeur à 14°,9 et 24°,6 et réduisait le coefficient de transmission, calculée d'après la chute totale, à 610 et 900 calories, valeurs inférieures de 45 0/0 et de 25 0/0 à celles obtenues avec l'eau pure.

3° *Influence de l'activité de la transmission.* — Claassen avait déjà fait une série d'expériences en vue de rechercher si le coefficient de transmission s'accroit avec la valeur absolue de la transmission ou encore, si l'on veut, avec la chute. Malheureusement, ses essais, très complets pour les températures voisines de 100 degrés, sont trop peu nombreux en ce qui concerne les basses températures.

Nous n'avons pu étudier ce phénomène que dans notre petit appareil horizontal: Donnant à la température d'ébullition une valeur constante, nous avons fait varier la chute. Le graphique donne les résultats obtenus. Les transmissions totales sont portées en abcisses. Ils concordent avec ceux de Claassen, c'est-à-dire que le coefficient de transmission augmente avec la chute de température, pour une même température d'ébullition du moins si l'on opère aux environs de 100 degrés. Aux températures plus basses, l'accroissement est moindre et, à 55 degrés, nous n'avons plus trouvé d'accroissement certain pour des chutes variant entre 13 et 35 degrés. Cette étude devrait être reprise dans notre appareil vertical.

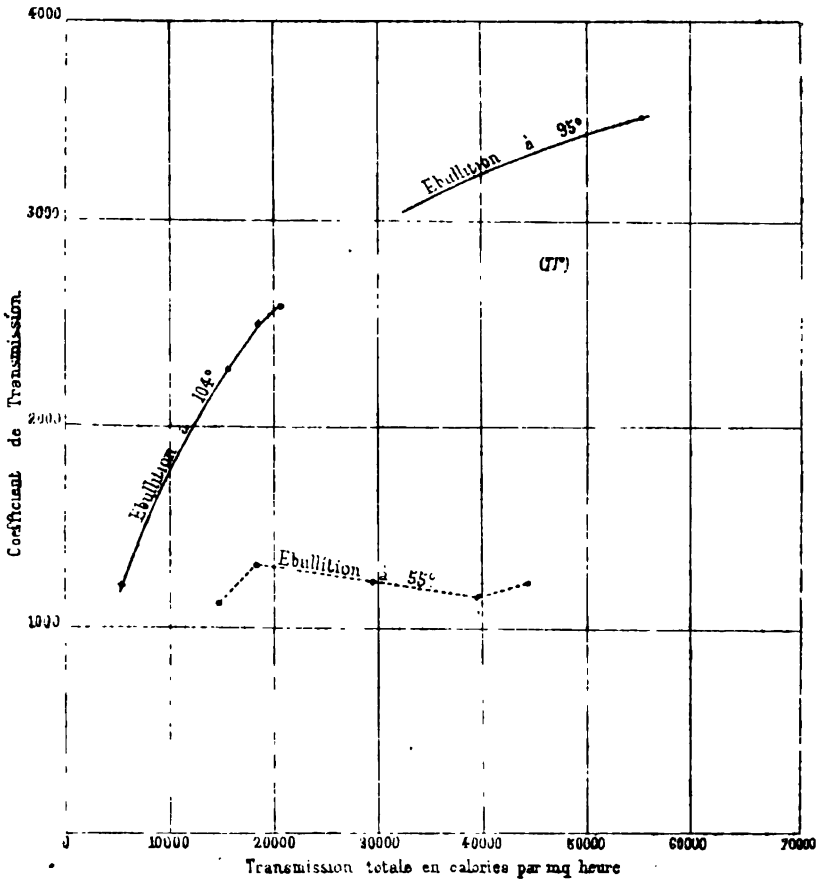
4° *Influence de la température de la vapeur de chauffage.* — Malheureusement on ne peut éviter, pour augmenter la chute, d'augmenter la température de la vapeur et certaines personnes croient que celle-ci a une influence propre. On ne saurait trancher la question que par des expériences où l'on étudiera à part la transmission de la vapeur à la paroi et de la paroi au liquide.

VARIATION DU COEFFICIENT DE TRANSMISSION EN FONCTION

DE L'ACTIVITÉ DE LA TRANSMISSION

dans un appareil d'essai à tube horizontal (Essais de l'auteur)

104°	Chûte	6°,1	7°,6	7°,6	8°,1	77°	Chûte		16°,6		34°,3		
	Transmission	6350	15850	18680	20810		Transmission		44660		133 680		
	K	1140	2140	2460	2570		K		2739		3.939		
95°	Chûte	11°,3	11°,4	15°,9		55°	Chûte	12°,3	13°,5	34°,5	34°,9	24°,1	
	Transmission	34160	37340	55840			Transmission	14270	16290	39210	42190	29210	
	K	3020	3220	3510			K	1120	1380	1140	1210	1230	



VARIATION DU COEFFICIENT DE TRANSMISSION EN FONCTION

DE LA CHUTE DE TEMPÉRATURE

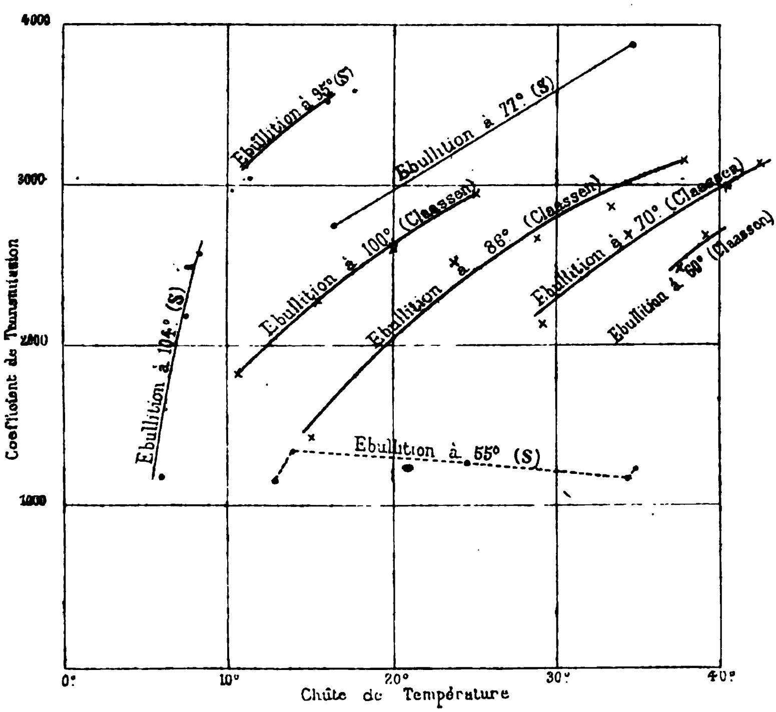
(Appareils d'essai horizontaux)

Série d'essais de l'auteur (S)

104°	Chûte	6°_{1}	7°_{4}	7°_{6}	8°_{1}	
	K	1140	2140	2460	2570	
77°	Chûte	16°_{3}	34°_{8}			
	K	2740	3840			
95°	Chute	11°_{3}	11°_{4}	15°_{3}		
	K	3020	3280	3510		
55°	Chûte	12°_{8}	13°_{5}	34°_{4}	34°_{9}	24°_{1}
	K	1115	1354	1140	1210	1230

Série d'essais du Dr Claassen

100°	Chûte	10°_{5}	15°_{3}	20°_{2}	24°_{8}		
	K	1820	2300	2610	2950		
70°	Chûte	29°_{6}	34°_{8}	40°_{6}	42°_{4}	49°_{1}	51°_{7}
	K	2130	2520	3010	3140	3420	3620
88°	Chûte	14°_{4}	23°_{6}	28°_{8}	33°_{2}	37°_{8}	
	K	1440	2530	2670	2890	3150	
60°	Chûte	37°_{6}	39°_{2}				
	K	2680	2740				



CHAPITRE III

État actuel de nos connaissances sur la transmission de la chaleur d'une vapeur à un liquide.

La transmission de la chaleur d'une vapeur à un liquide est encore entourée de nombreuses obscurités qui occasionnent la plupart des incertitudes que l'on rencontre dans le calcul et l'emploi des appareils d'évaporation.

Il y a lieu, comme on sait, de distinguer trois étapes dans le phénomène : la transmission de chaleur de la vapeur à la face voisine de la paroi séparant les deux fluides, la transmission à travers la paroi, enfin la transmission de la face opposée de la paroi au liquide.

§ I. — Transmission de la chaleur de la vapeur a la paroi du métal.

La première phase de la transmission est encore la plus mal connue. On admet généralement que la différence de température entre les couches de vapeur voisines de la paroi et cette paroi même est extrêmement faible. Cependant, aucune recherche expérimentale n'a été entreprise à ce sujet, du moins à notre connaissance.

Si θ_1 est la différence de température entre la vapeur et la surface voisine du métal, on a, en appelant M la quantité de chaleur transmise par heure par une surface S (évaluée en mètres carrés) $M = SK\theta_1$.

Or, Ser admettait que K est compris entre 10 000 et 50 000 de sorte que la chute $\theta_1 = \frac{M}{S}\,\frac{1}{K}$ serait comprise entre 2 degrés et 10 degrés dans le cas d'une transmission atteignant 100 000 calories par mètre carré-heure.

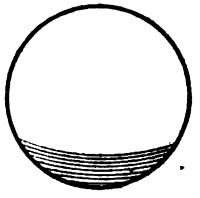
En réalité, une certaine couche d'eau condensée se trouve interposée entre la vapeur et la surface du métal. L'épaisseur de cette couche présente un minimum qui correspond à celle de la lame d'eau retenue par capillarité. Horsin-Deon avait trouvé 0,2 *mm* en pesant un tube de cuivre non décapé d'abord à l'état

sec, puis après l'avoir mouillé; cela correspondrait à K = 3000 environ. La valeur de K ainsi trouvée parait trop faible, puisqu'elle donne une résistance supérieure à la résistance totale admise par Ser. Cela peut provenir de ce que la viscosité de l'eau étant moindre à 100 degrés qu'à la température ordinaire l'épaisseur réelle de la lame d'eau est inférieure à 0,2 *mm*. Il est possible que l'augmentation de la viscosité de l'eau aux basses températures ait pour effet d'augmenter l'épaisseur de cette couche nuisible dans les chauffages à basse pression. Ce serait là une des causes de la moins grande efficacité de la vapeur à basse température, constatée d'une façon plus ou moins certaine par Claassen et admise à tort par Horsin-Deon comme base exclusive de sa théorie (1).

Au cours d'une série d'essais exécutés par L. Austin en 1902 et que nous résumerons plus loin, on a cherché s'il se produit une résistance de contact spéciale lorsqu'on chauffe une plaque de métal par un bain d'eau bouillante. Ce cas n'est pas sans présenter une sérieuse analogie avec celui qui nous intéresse, car l'apport des calories à la lame d'eau infiniment voisine de la plaque se fait dans un cas par la précipitation de molécules d'eau condensée à la température de l'enceinte et dans l'autre par une circulation d'eau maintenue à la température d'ébullition. Or, Austin a trouvé qu'il y a toujours une chute de température proportionnelle au nombre de calories transmises par unité de surface et correspondant à une résistance égale à celle d'une lame d'eau stagnante adhérente au métal, de 0,075 *mm* ou encore à K = 6700.

Dans ce qui précède nous n'avons envisagé la résistance de la couche d'eau condensée sur la paroi qu'au point de vue de la physique pure. Mais dans un appareil industriel la forme des surfaces et leur étendue peuvent avoir pour effet une accumulation d'eau condensée en couche plus ou moins épaisse sur certaines parties de la surface de chauffe. Ainsi par exemple dans un appareil à tubes de chauffe verticaux, l'eau condensée à la partie haute ruissellera jusqu'en bas et la partie basse du tube se trouvera couverte d'une couche d'eau plus épaisse apportant une résistance supplémentaire et

Fig. 11.



(1) Voir l'exposé de cette théorie dans le Bulletin de la Société, année 1887.

cela indépendamment de tout défaut d'évacuation des eaux accumulées sur la plaque tubulaire inférieure. Dans un appareil à tubes de vapeur horizontaux l'eau s'accumulera à la partie inférieure de la circonférence, etc... Cette influence défavorable de l'eau condensée s'accroît à mesure que l'on augmente la transmission de chaleur par mètre carré de métal.

Ainsi la première étape de la transmission en comprend en réalité deux autres: l'une correspond à la transmission de la chaleur de la vapeur à la face voisine de la lame d'eau très mince qui mouille le métal et l'autre qui correspond à la transmission à travers cette lame d'eau.

On ne sait à peu près rien au sujet de la transmission de la vapeur à la lame d'eau. Il y a lieu de considérer trois cas, celui où la vapeur est surchauffée, celui où la vapeur est saturée et enfin celui dans lequel la vapeur saturée contient des vésicules d'eau. Dans le premier cas la vapeur doit d'abord se refroidir comme un gaz pour arriver au point de saturation et sa condensation est beaucoup plus lente comme Normand l'a montré (1). Horsin-Deon avait déjà appelé l'attention sur ce point que la vapeur sortant d'un récipient à haute pression pour passer par un détendeur avant d'être employée aux chauffages est surchauffée. Claassen a constaté le fait dans ses expériences et a vérifié que le coefficient de transmission était notablement réduit. Dans nos essais résumés plus haut, nous n'avons jamais obtenu de surchauffe en détendant de la vapeur de 5 *k* à la pression de l'atmosphère, mais cette vapeur arrivait très humide avant détente. En réalité, lorsqu'on chauffe un appareil d'évaporation avec de la vapeur surchauffée, la couche d'eau de condensation ne peut avoir une température supérieure à celle qui correspond à la pression de l'enceinte d'après la table de Regnault. Par suite la chute de température utile pour la transmission ne comprend pas le nombre de degrés correspondant à la surchauffe. Le coefficient de transmission calculé d'après la chute totale est donc inférieur à la réalité.

Nous ne croyons guère que la surchauffe produise par elle-même un effet, à moins qu'on ne fasse circuler de la vapeur très surchauffée le long d'un tuyau très long, de sorte que sur une partie de la longueur du tube la transmission de chaleur se fasse sans condensation. Dans ce cas, la vapeur se comporte

(1) *Ingénieurs civils*, 1890, cité par Horsin-Deon.

comme un gaz, son mouvement se réduit aux courants de convection et l'on sait qu'alors la transmission de chaleur est très peu active (1).

Si, au contraire, la vapeur contient de l'eau vésiculaire, il en résulte, comme on sait, une difficulté d'un autre ordre provenant probablement de l'augmentation d'épaisseur de la couche d'eau interposée, mais aucune expérience récente n'a mis ce facteur en lumière.

La vapeur saturée qui se condense sur le métal est animée d'une vitesse perpendiculaire à la surface et qui peut varier de 0 à 0,50 *m* par seconde par exemple. Cet écoulement nécessite une différence de pression et, par suite, de température, mais qui ne peut être que très faible. L'expérience seule pourrait montrer si une différence de température mesurable entre la vapeur et l'eau condensée est nécessaire, comme paraît le penser Claassen, pour produire la condensation. Horsin-Deon avait édifié sur une hypothèse analogue toute une théorie destinée à expliquer la cause de la faiblesse du coefficient de transmission dans les derniers corps des appareils à effets multiples. Selon lui les molécules de vapeur sont poussées vers la paroi par la différence des pressions p et p' de la vapeur saturée correspondant l'une p à la température de la vapeur de chauffage et l'autre p' à celle de la paroi. Leur vitesse de transport étant alors $V = \sqrt{2g(p - p')}$ et le chemin à parcourir étant proportionnel au volume spécifique de la vapeur, la chute correspondant à $p - p'$ devait être, pour une transmission égale, d'autant plus grande que ce volume spécifique était lui-même plus grand.

L'explication d'Horsin-Deon n'est pas exacte et la principale erreur de cet auteur a été d'assimiler $p - p'$ à la différence des pressions correspondant aux deux température extrêmes de chaque corps, alors qu'elle ne correspond qu'à une très faible partie de cette différence.

La présence de l'air dans la vapeur de chauffage joue un triple rôle. Tout d'abord dans un mélange d'air et de vapeur saturée la vapeur prend une tension égale à celle qu'elle aurait dans le vide à la même température. La pression du mélange est alors égale à la somme des pressions de la vapeur et de l'air. Par suite, la température du mélange est inférieure à celle qu'on

(1) Quoi qu'il en soit, Claassen insiste sur la difficulté que l'on éprouve à supprimer la surchauffe même par une injection d'eau et rappelle que cette difficulté est très sérieuse dans le procédé Piccard par suite de la grande surchauffe due à la compression.

croit pouvoir lui attribuer d'après les tables de Regnault en se basant sur la lecture du manomètre. En second lieu, si dans un appareil à effets multiples il existe une rentrée d'air dans la chambre de chauffe, la chute de température utile pour la transmission dans le corps considéré est diminuée (1).

La présence de l'air en mélange avec la vapeur paraît avoir encore une influence directe et ralentir la condensation de la vapeur (2). Enfin, dans les appareils industriels, l'air se localise dans les régions où il n'y pas de courants, surtout à la partie basse des faisceaux tubulaires, et soustrait en grande partie ces endroits à la transmission. Il y a donc lieu d'éviter les rentrées d'air et d'extraire ce gaz par des tubes spéciaux.

La vitesse de circulation de la vapeur joue enfin un rôle assez important dans la transmission. Claassen et Hausbrand ont attiré l'attention sur ce point. Ce dernier auteur admet même que la grandeur absolue de la surface de chauffe influe sur le coefficient de transmission, parce qu'elle augmente la vitesse de circulation de la vapeur. Le coefficient de transmission serait proportionnel à la racine carrée de la surface, si l'on compare deux appareils semblables, notamment deux tubes de longueur différente.

Nous avons nettement observé un fait analogue sur un petit appareil d'essai. La transmission s'accroît si on laisse sortir de la vapeur avec l'eau condensée de manière à créer une circulation active le long de la surface de chauffe.

En résumé, on manque de données expérimentales pour trancher les questions très complexes qui se rattachent à la première étape de la transmission de chaleur, savoir le passage des calories de la vapeur à la face de la paroi voisine. On ne connaît pas la valeur de la résistance qui s'oppose à ce passage, on sait seulement qu'elle varie avec différents facteurs dont les principaux sont :

L'état de la vapeur : surchauffée, saturée, sèche ou humide.

La présence d'air dans la vapeur.

La température (ou le volume spécifique) de la vapeur.

Sa vitesse de circulation.

L'épaisseur de la lame d'eau condensée.

(1) Dans nos essais à une température d'ébullition voisine de 52 degrés, la température de la vapeur observée au thermomètre était inférieure de 0°,4 à 1 degré à la température calculée.

(2) Ainsi qu'Osborne Reynolds l'a constaté dès 1874 dans des essais de condensation de vapeur d'échappement. (Voir *London and Dublin Philosophical Magazine*, 1874.)

Les circonstances d'un ordre industriel (évacution des gaz et de l'eau).

Il y aura lieu de trancher ces différents points au moyen de recherches analogues à celles d'Austin qui seront décrites plus loin.

§ II. — Transmission de la chaleur par la conductibilité a travers la paroi.

La deuxième étape à considérer dans le phénomène de transmission correspond au passage de la chaleur à travers la paroi métallique séparant les deux fluides. Le nombre de calories transmises par heure et mètre carré de surface est, comme on sait, proportionnel à la différence de température entre les deux faces de la cloison et dans l'épaisseur de celle-ci la répartition de la température est linéaire, conformément à l'hypothèse de Fourier. Le coefficient de proportionnalité ou coefficient de conductibilité n'est cependant pas constant. Il varie avec la température du métal. Ainsi, W. Jaeger et H. Diesselhorst (1) ont trouvé sur un échantillon de fer forgé les valeurs suivantes en grandes calories par mètre carré et par heure et pour 1 *cm* d'épaisseur.

A 18 degrés	5330
A 100 degrés	5040

La conductibilité calorique diminue donc, comme la conductibilité électrique, quand la température s'élève, et peut varier de 6 0/0. Par suite, la différence de température entre les deux faces de la paroi n'est rigoureusement proportionnelle à la quantité de chaleur transmise que si la température moyenne de la cloison reste constante. Néanmoins, ce facteur n'a qu'une influence négligeable dans les essais industriels.

On a trouvé les valeurs suivantes (2) :

	(A)	(B)
Cuivre	37460	33000
Laiton	10910	—
Zinc	9450	10500
Étain	5440	5400
Fer	5710	5610
Acier		2230 à 4000

(1) Sitzber d. Berliner Akademie 1899, 746, et Wiss. Abh der Phys. Techn. Reichsanstalt III. 269, 1900.

(2) (A) Chiffres de M. Berget. — (B) Chiffres moyens obtenus par des physiciens allemands s (1806).

Comme Hausbrand le fait remarquer dans son ouvrage, la présence d'une trace d'impuretés modifie beaucoup le coefficient.

La chute de température à travers la paroi métallique est toujours très faible. Ainsi, à travers un tube de laiton de 2 *mm* d'épaisseur, on peut faire passer 100 000 calories par mètre carré avec une chute de 2 degrés seulement qui est négligeable industriellement. Avec le fer, la chute est à peu près double. Avec l'acier, elle peut être quadruple et atteindre 8 à 10 degrés. Comme la conductibilité de l'acier varie du simple au double avec l'échantillon considéré, il est nécessaire d'essayer le métal avant de l'employer. On peut dire que l'emploi de laiton ou bien de fer ou d'acier de *bonne qualité* est à peu près indifférent en pratique.

La face du métal en contact avec la vapeur peut être salie si l'on emploie de la vapeur d'échappement des machines par des dépôts gras qui diminuent beaucoup la conductibilité. C'est pourquoi il est nécessaire de sécher la vapeur d'échappement et de jeter les eaux grasses recueillies dans les ralentisseurs. Il est bon aussi de laver de temps à autre avec une lessive de soude bouillante les surfaces de chauffe recevant cette sorte de vapeur.

Du côté du métal en contact avec le liquide, on observe la formation d'incrustations très mauvaises conductrices de la chaleur, qui obligent à nettoyer les appareils de sucrerie toutes les deux ou trois semaines. La filtration des sirops au passage d'une caisse à l'autre diminue cet inconvénient. La présence des incrustations diminue surtout la transmission dans les derniers corps.

§ III. — Transmission de la chaleur du métal au liquide.

La transmission de la chaleur du métal au liquide en ébullition constitue la dernière étape du phénomène. Elle est encore aussi mal connue que la première, quoique des essais récemment exécutés en Allemagne commencent à éclairer la question.

On admet généralement qu'un liquide entre en ébullition à la température pour laquelle sa tension de vapeur est égale à la pression de l'atmosphère qui le surmonte. Cependant, « les différentes bulles de vapeur superposées ont des forces élastiques différentes qui décroissent depuis le fond jusqu'à la surface; par suite, les couches de liquide en contact avec ces bulles sont à des températures qui décroissent dans le même sens » (Raoult). Si l'agitation n'est pas extrêmement forte, les couches profondes sont donc plus chaudes et à une température difficile à calculer très exactement.

Mais il y a plus, car « à moins de précautions spéciales, un liquide en ébullition est toujours surchauffé, c'est-à-dire porté à une température supérieure à celle qui correspond à la pression qu'il supporte. Pour que l'ébullition ait lieu à la température à laquelle la tension maxima de la vapeur est égale à la pression supportée par les bulles de vapeur, il faut, suivant les indications de M Gernez, que le liquide soit en contact avec un gaz présentant une grande surface sous un volume négligeable par rapport à celui de la vapeur » (Raoult, *Tonométrie, p. 9*).

M. Raoult a obtenu ce résultat en électrolysant le liquide au moyen du courant fourni par une pile faible.

La surchauffe est loin d'être négligeable en pratique, car, dans une série d'essais où le liquide était chauffé par un tube horizontal à 5 *cm* en contre-bas de la surface, nous avons observé des surchauffes variant de 0°,3 à 1 degré dans le cas de l'eau et atteignant jusqu'à 6 degrés dans le cas des sirops concentrés.

Les moyens de supprimer la surchauffe jettent une certaine lumière sur les causes mêmes de ce phénomène. Les couches de liquide directement chauffées peuvent être à une température supérieure à celle qui correspond à une force élastique égale à la pression hydrostatique au point considéré. C'est donc qu'une résistance spéciale s'oppose à la formation des bulles et cette résistance paraît due à des phénomènes d'attraction moléculaire du même ordre que la tension superficielle et la viscosité des liquides.

Pour que la bulle de vapeur infiniment petite se forme, il faut probablement que la température corresponde à une pression égale à la pression hydrostatique augmentée de la pression nécessaire pour écarter les molécules liquides infiniment voisines. Aussitôt que la bulle a pris un diamètre de grandeur finie et non plus infiniment petite, cette résistance disparaît. C'est pourquoi la présence de bulles gazeuses supprime la surchauffe. Quand il existe des bulles de gaz au sein du liquide, la vaporisation débute par une évaporation interne au sein de ces bulles, les molécules liquides étant écartées d'avance, aucune surpression n'est nécessaire à cet effet.

Ce phénomène a une grande importance au point de vue de l'évaporation à basse pression. On sait, en effet, que la viscosité de l'eau augmente très rapidement au-dessous de 70 degrés. Par suite, la surchauffe doit augmenter énormément. Telle est, selon nous, une des causes de la faible valeur de la transmission dans les derniers corps des appareils à effets multiples. Si, au lieu

d'eau, on à affaire à des sirops dont la viscosité est bien supérieure et surtout à des sirops de concentration croissante, le phénomène est encore plus accusé.

Mais la surchauffe que l'on observe ordinairement ne correspond pas à quelque chose de scientifiquement défini. Ce qu'il faudrait connaître, c'est la température des molécules liquides infiniment voisines de la paroi métallique, car c'est cette température qui limite l'activité de la transmission.

Essais du Physikalisch-Technische Reichsanstalt.

Le *Physikalisch-Technische Reichsanstalt* de Berlin poursuit, depuis trois ans des recherches concernant « la résistance qui s'oppose au passage de la chaleur de la paroi métallique au liquide » (1).

Le principe de la méthode adoptée est le suivant. La transmission de chaleur s'effectue à travers une lame de fer épaisse de 2 *cm*, de conductibilité connue, et se mesure d'après la chute de température entre deux plans parallèles distants de 1,045 *cm* situés à l'intérieur du métal. Un premier couple thermoélectrique, T*h*, sert à cette détermination. Un second couple T*h'*, mesure directement la chute entre un plan situé à 0,41 *cm* de la paroi et le liquide. Les expérimentateurs ne disent pas à quelle distance de la paroi se trouvait la soudure immergée, mais, d'après leurs croquis, cette distance paraît inférieure à 1 *cm*.

Si les éléments T*h* donnent une chute de température u entre les points (2) et (1), la chute par centimètre sera $g = \frac{u}{1.045}$ et si les couples T*h'* indiquent une chute S entre les points (3) et (4), la chute entre la paroi mouillée et le point (4) sera

$$\Delta = S - 0{,}41\ g.$$

Les couples thermoélectriques sont isolés à la soie jusqu'à l'endroit de la soudure qui est presque réduite à un point. Ils sont fixés par de petits coins de bois dans des trous de 1*mm* de diamètre. La jonction des deux soudures chaudes de chaque couple est réalisée au moyen d'un fil de « constantan », tandis que des fils de fer conduisent aux soudures froides qui sont maintenues à 0 degré.

(1) Après une série d'essais préliminaires exécutés par Holborn et Dittenberger en 1900, les expériences ont été poursuivies par Dittenberger, puis par Austin, qui en a rendu compte dans la *Zeitschrift des Vereines deutscher* Ingenieure. (Décembre 1902.)

La lame de fer sépare deux compartiments de 26 *cm* de long en fer forgé, munis chacun d'un agitateur mû par moteur électrique. L'un contient de l'huile et l'autre, muni de deux colonnes de rétrogradation (et éventuellement d'un serpentin à circulation d'eau froide), est hermétiquement clos et contient l'eau bouillante. L'huile est chauffée au moyen de becs Bunsen placés le plus loin possible de la cloison médiane. En chauffant aussi le compartiment renfermant l'eau, on obtient une ébullition plus active et plus régulière dont on juge par le bruit.

APPAREIL DE DITTENBERGER ET AUSTIN
POUR L'ÉTUDE DE LA TRANSMISSION

Fig.12.Coupe verticale

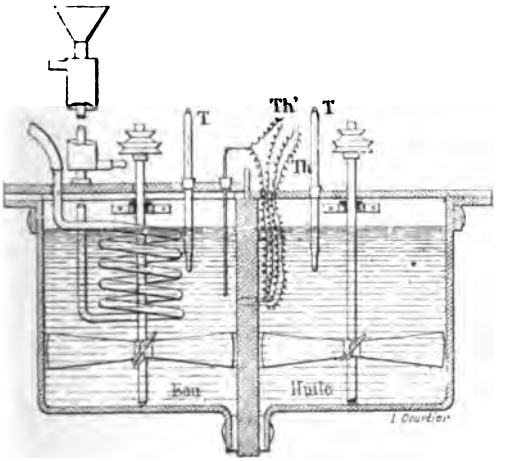
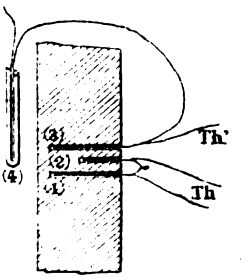


Fig.12 bis. Détail des couples Thermo électriques



Tous les essais ont été exécutés à la pression atmosphérique. On a étudié successivement la transmission de chaleur de la paroi métallique chaude :

A de l'eau bouillante sans agitation mécanique;

A de l'eau bouillante avec agitation mécanique;

A de l'eau non bouillante avec agitation;

puis le cas inverse de la transmission de l'eau bouillante au fer (avec et sans agitation), l'eau étant alors placée dans le compartiment de droite et l'huile dans celui de gauche refroidi par le serpentin.

Avant d'indiquer les résultats obtenus, nous ferons remarquer que les expérimentateurs n'ont pas étudié la surchauffe et qu'ils ne paraissent pas avoir tenu compte de l'influence perturbatrice de

ce phénomène. Un thermomètre *k* placé dans l'eau indiquait bien la température des couches supérieures, mais il aurait fallu installer un troisième thermomètre différentiel (thermoélectrique) pour mesurer la surchauffe au point (4). Nous allons voir, en effet, que la température de la paroi M N surpasse toujours de quelques degrés celle de la couche d'eau bouillante très voisine mesurée au point (4). Mais cette couche d'eau est certainement surchauffée et sa température surpasse celle qui serait donnée par le thermomètre *k* d'une quantité qui varie avec l'agitation : très accusée, si l'agitation est négligeable, elle tomberait à zéro pour une agitation infinie qui rendrait tout le liquide homogène. La chute de température qui a été mesurée par les expérimentateurs allemands ne correspond donc pas à une grandeur physique rigoureusement définie. Les chiffres trouvés varieraient si l'on faisait varier la distance du point 4 à la paroi M N. Plus cette distance se rapprocherait de zéro et plus la chute observée diminuerait. D'autre part, les chiffres trouvés varieront forcément avec l'agitation imprimée au liquide. Plus celle-ci sera grande et moins la surchauffe en 4 sera considérable. Par suite, la chute devra s'accroître. En réalité, l'expérience a montré que, dans le cas d'eau bouillant à la pression atmosphérique, la chute a, au contraire, diminué à mesure qu'on augmentait l'agitation. Mais cela prouve que deux facteurs opposés sont en jeu, l'un correspondant à la surchauffe et l'autre, de nature encore mal connue, ressemblant à une résistance de contact.

Il n'en est pas moins vrai que, dans l'intérêt des applications on devra entreprendre la recherche de la chute entre le point 4 et l'atmosphère de vapeur surmontant le liquide entre (4) et *(k)*, afin d'étudier l'influence de la surchauffe, qui serait d'ailleurs beaucoup plus importante aux basses températures et avec des liquides autres que l'eau.

Il y a encore lieu de remarquer que l'agitation réalisée au moyen des hélices ne correspond pas à un état défini et mesurable. Il vaudrait mieux imprimer au liquide une vitesse de circulation connue parallèlement à la paroi.

Enfin l'adjonction de brûleurs pour aider l'ébullition de l'eau, dans le cas où la transmission est peu active, revient à créer une agitation parasite tout à fait comparable à celle due à l'hélice. Ainsi, dans les essais relatifs à l'eau bouillante non agitée, l'adjonction de deux brûleurs faisait tomber la chute de température Δ de 1°,40 à 1°,25 pour une même valeur de la transmis-

sion, ainsi que les auteurs le font remarquer du reste dans leur compte rendu.

Les résultats obtenus se résument comme suit :

1° Il existe une chute de température entre la face de la paroi et les couches liquides voisines. Cette chute est proportionnelle à la quantité de chaleur transmise lorsque l'agitation mécanique est active et correspond à celle qui se produirait d'une face à l'autre d'une cloison de fer de 0,75 *cm* environ.

Si l'eau n'est pas agitée, la résistance est plus grande, mais elle va en décroissant à mesure qu'on augmente la transmission. Elle équivaut à 3 *cm* de fer pour une transmission de 1 000 calories par mètre carré-heure et tombe à 1 *cm* pour 40.000 ;

2° Le même phénomène se produit lorsque l'on chauffe de l'eau non bouillante. Si cette eau n'est pas agitée mécaniquement, la résistance peut être équivalente à celle d'une lame de fer de 10 *cm*. L'agitation réduit cette résistance (jusqu'à 0,83 *cm*, pour de l'eau à 50 degrés et une transmission de 29 000 calories) et, pour une même agitation, la résistance est d'autant moindre que l'eau est plus chaude. Cette diminution de la résistance ressemble à celle de la viscosité de l'eau, comme M. Austin le fait remarquer après Stanton.

M. Austin conclut de ses essais que les choses se passent comme si une couche liquide de 1/10 de millimètre d'épaisseur restait adhérente au métal et produisait la résistance de transmission constatée. L'agitation paraît diminuer l'épaisseur de cette couche sans qu'on ait pu jamais l'annuler.

Ces intéressantes expériences sont, à notre connaissance, les seules qui aient fourni des indications expérimentales sur la différence de température entre la paroi et le liquide. Mais il y aurait lieu de les continuer et de les compléter :

1° Par la détermination précise de la surchauffe ;

2° Par l'étude du phénomène aux températures d'ébullition comprises entre 50 et 100 degrés ;

3° Par l'emploi de vitesses de circulation connues et bien définies parallèlement à la paroi.

Un dispositif expérimental analogue permettrait aussi d'étudier la transmission de la chaleur de la vapeur au métal et de décider définitivement les questions relatives à la température (ou au volume spécifique de la vapeur de chauffage), à la surchauffe de la vapeur, à la présence de l'air, etc.

Ces questions sont étudiées actuellement par les soins de la

Société des Ingénieurs allemands. Il serait vivement désirable que des recherches parallèles soient entreprises en France.

La température de la vapeur émise, telle qu'on peut la mesurer dans la calandre d'un appareil industriel d'évaporation, est encore inférieure à celle des couches liquides qu'on vient d'étudier et cela par suite :

1° De la surchauffe, que nous laisserons de côté provisoirement;

2° De la surpression due à la hauteur de la colonne liquide surmontant la surface de chauffe. Cette influence étant bien connue et facilement mesurable, nous ne nous en occuperons pas ici;

3° De l'élévation de la température d'ébullition du liquide sous l'influence des corps dissous.

Si f est la tension de vapeur de l'eau distillée en millimètres de mercure à une température donnée, lorsque cette eau tiendra un corps en dissolution, sa tension de vapeur à la même température ne sera plus que f'. Par suite, les solutions bouillent, sous une pression donnée, à une température supérieure à la température d'ébullition de l'eau pure. Une solution de sucre à 50 0/0 bout à 102 degrés pour $f = 760$ millimètres. Raoult a montré que pour une même dissolution le rapport $\frac{f'}{f}$ est sensiblement indépendant de la température. Par suite, pour la solution considérée on a :

à	102 degrés	$f' = 760\ mm$	$f = 816\ mm$
donc à	50 degrés	$f' = 86\ mm$	$f = 92\ mm.$

La tension de vapeur de 86 millimètres correspond à une température d'ébullition de 48°,5 pour l'eau distiliée. On voit donc qu'aux basses pressions l'augmentation de température des solutions par rapport à celle de l'eau pure est plutôt un peu moins accusée qu'à la pression atmosphérique;

4° La présence de l'air dans la calandre a pour effet, comme on l'a vu, d'augmenter la différence de température qui existe entre le liquide bouillant et sa vapeur par suite des causes précédentes.

Si l'on néglige celles-ci pour un instant et si a est la pression propre de l'air dans le mélange d'air et de vapeur contenu dans la calandre à une température réelle de t' et p_t la tension de la vapeur à t' d'après Regnault, la pression dans la calandre sera $p_t - a$. La température des couches superficielles du liquide ne

sera donc pas $t°$ mais bien $(t + \mathcal{E})$ correspondant dans les tables à la pression $(p_t + a)$. La présence de l'air entraîne donc une perte de chute propre égale à $\mathcal{E}$.

Cette perte est beaucoup plus considérable dans les derniers corps que dans les premiers parce que le vide élevé y favorise les rentrées d'air et parce que aux basses températures une faible variation de la pression entraine une variation importante de la température de la vapeur saturée.

Il y a là une cause importante, et qui ne paraît pas avoir encore été signalée, de la faiblesse du coefficient de transmission industriel dans les derniers corps.

Quoi qu'il en soit toutes les causes capables de réduire la chûte de température efficace sont aggravées dans les corps à basse température d'ébullition.

Mais ce qui vient d'être dit au sujet de l'état actuel de nos connaissances théoriques montre combien il serait prématuré de chercher à chiffrer l'influence des différents facteurs étudiés et notamment à expliquer par le calcul la différence qui existe entre les coefficients de transmission de chacun des corps d'un appareil à quadruple effet. C'est cependant ce que M. le docteur Claassen vient d'essayer de faire au Congrès de Berlin.

En ce qui concerne la transmission de la vapeur au métal, qui n'a même pas été étudiée par Austin, M. Claassen se base sur la résistance trouvée par cet auteur pour le passage de la chaleur d'un bain d'eau bouillante à une lame de métal. Nous avons montré l'analogie des deux phénomènes, mais elle ne paraît pas suffisante pour en tirer des conclusions numériques.

Pour la transmission du métal à l'eau bouillante, comme Austin n'a opéré qu'à la pression atmosphérique, on ne peut pas utiliser ses essais. Mais M. Claassen croit pouvoir déduire des chiffres trouvés ainsi à 100 degrés ceux qui correspondent à une température d'ébullition de 85 degrés et de 70 degrés, en tenant compte de la viscosité du liquide bouillant à ces températures (1).

Malgré l'autorité qui s'attache à juste titre aux communications du docteur Claassen, on ne peut reconnaître aucun caractère scientifique à cet essai d'adaptation des chiffres trouvés par M. Austin. Le calcul dont M. Claassen indique le canevas ne pourra être établi utilement que quand les essais de Berlin auront été complétés, comme nous l'avons dit.

(1) « Diese Zahlen wurden, mit Berücksichtigung der Viskosität der Säfte, für die Berechnung der Widerstände etc.... benutzt ».

CHAPITRE IV

Application des études sur la transmission de la chaleur au calcul et à la construction des appareils d'évaporation industriels.

Ce qui précède a suffisamment fait ressortir la complexité des phénomènes mis en jeu dans les appareils d'évaporation à effets multiples et les nombreux points restés encore dans l'obscurité malgré les efforts des chercheurs qui ont étudié ces questions depuis Peclet et Ser. On a vu, toutefois, que des expériences dont le programme serait maintenant facile à tracer permettront d'élucider la plupart des obscurités actuelles.

Il nous reste à montrer comment ces questions trouvent leur application directe dans les calculs d'établissement et de transformation des appareils.

Le but que l'on se propose en calculant un appareil est de réaliser avec le minimum de frais d'établissement une capacité de vaporisation donnée et un coefficient de dépense tel que le coût du combustible, les charges d'intérêt, d'amortissement et d'entretien des générateurs et de l'appareil d'évaporation fassent un total aussi réduit que possible.

On sait que le mètre carré de surface de chauffe d'un appareil à effets multiples coûte *grosso modo* 100 *f* de frais d'installation tous accessoires compris (à l'exclusion du condenseur et de la pompe). Une batterie de générateurs de 200 m^2 chaque, semi-tubulaires, revient aussi à 100 *f* le mètre carré de surface de chauffe. Le coefficient à adopter pour l'entretien et l'amortissement diffère peu; il est plutôt moindre pour l'appareil d'évaporation que pour les générateurs.

Un quadruple effet avec prélèvements de vapeur pour chauffages vaporise en pratique de 25 à 30 *kg* par mètre carré et par heure. Les générateurs semi-tubulaires adoptés actuellement en sucrerie vaporisent 20 *kg* par mètre carré et par heure.

On peut donc se rendre compte de l'importance de la surface de chauffe totale si l'on connaît la consommation de vapeur du premier corps (1). Indiquons, pour fixer les idées, que celle-ci peut représenter 40 à 50 0/0 de la quantité totale à produire dans l'appareil. Dans ce cas, la surface de chauffe des générateurs sera

(1) Ou la quantité de vapeur directe et de vapeur d'échappement à fournir au quadruple effet.

égale à $\frac{25 \text{ à } 30}{20} \times 0{,}40$ à $0{,}50 = 0{,}50$ à $0{,}75$ de celle du quadruple effet. En pratique, la surface des générateurs est généralement plus grande parce que les sucreries actuelles consomment encore beaucoup trop de vapeur directe pour des usages divers, notamment pour la cuite.

Cela posé, l'ingénieur chargé de calculer une installation pourra se demander s'il a intérêt à multiplier les effets afin de réduire, en même temps que la consommation de charbon, l'importance des générateurs, mais aux dépens d'une augmentation de surface de l'appareil. Mais comment calculer cette augmentation ? La question revient à une étude du nouveau régime des températures. La chute totale comprise entre la température de la vapeur des retours (112 degrés) et celle d'un bon condenseur (50 degrés) représente environ 60 degrés. S'il faut la diviser entre cinq ou six corps au lieu de quatre, toutes les chutes seront réduites. Dans quelle proportion diminueront les coefficients de transmission ?...

Supposons qu'on ait tranché la question du nombre des effets. On va disposer d'une surface totale de $1000 m^2$ par exemple à répartir entre quatre corps. Comment faire cette répartition pour porter au maximum la vaporisation totale que pourra fournir l'appareil ?...

M. Willaime, ingénieur des Arts et Manufactures, vient d'étudier cette question dans un travail lu en son nom à l'assemblée de mars de l'Association des chimistes (1).

Admettant *a priori* que les coefficients de transmission ne varieront pas s'il modifie les chutes *entre certaines limites* et se donnant la valeur de ces coefficients, M. Willaime cherche par le calcul comment il doit répartir les chutes pour que la transmission totale de l'appareil soit maxima. Il arrive à ce résultat que la surface de chaque corps doit être en raison inverse de la racine carrée du coefficient de transmission correspondant à ce corps.

Si $\alpha\beta\gamma\ldots$ sont les coefficients de transmission, on a :

$$S_1\sqrt{\alpha} = S_2\sqrt{\beta} = S_3\sqrt{\gamma} = \ldots = \text{constante}.$$

Ce résultat correspondant au cas des appareils sans prélèvements s'étend aisément au cas des prélèvements. La formule est de même forme avec des coefficients différents. Ainsi, dans un

(1) Depuis la publication de ce travail, le Bulletin du Syndicat des fabricants de sucre a reproduit dans son numéro de juin 1903 une étude de M. Vignier, ingénieur des Arts et Manufactures sur le calcul détaillé de la répartition des surfaces dans un quadruple effet avec prélèvements de vapeur. Au point de vue théorique, les bases du calcul sont les mêmes dans ces deux travaux.

quadruple effet sans prélèvements, le coefficient de transmission du quatrième corps étant quatre fois moindre que dans le premier, on devra adopter pour le quatrième corps une surface double de celle du premier. Dans ce cas, la chute y sera double, tandis qu'elle aurait été quadruple si toutes les surfaces sont égales.

Ce calcul donne une indication intéressante sur le sens général des corrections à apporter, mais, la fixité, des coefficients qu'il suppose étant loin d'exister, on ne saurait se fier mathématiquement à ses résultats.

La question n'est pas résolue parce que aucune expérience précise n'a encore montré la variation du coefficient avec la chute dans les différents corps d'un appareil industriel à faisceau tubulaire vertical.

C'est pourquoi nous pensons que la discussion entre M. Willaime, d'une part, et l'école allemande représentée par M. le docteur Claassen, de l'autre, pourra se continuer sans conclusion jusqu'au jour où la question aura été tranchée par des essais de ce genre.

Toute caisse de construction donnée a sa loi propre de variation du coefficient avec la chute et cette loi change avec la température d'ébullition et la concentration du liquide. La véritable solution du problème s'obtiendra en traçant d'abord par expérience et pour chacune des caisses dont on dispose la courbe représentative de cette loi (1). Cela fait, on pourra admettre comme première approximation une répartition arbitraire des surfaces définie par une transmission donnée en calories par mètre carré-heure. On verra quels sont les coefficients correspondants et on s'en servira pour examiner au moyen de la proportion indiquée par M. Willaime dans quel sens il convient de les modifier. La modification faite, on calculera la nouvelle transmission totale et le nouveau régime et l'on recommencera par approximations successives jusqu'à arriver au résultat.

En pratique, on n'a que rarement à construire un appareil neuf, mais on a souvent besoin de modifier les prélèvements ou d'ajouter une caisse pour renforcer un appareil existant. Le problème est alors exactement le même. Pour notre part, nous n'avons pas hésité à diminuer de 25 0/0 la surface d'un premier corps afin de donner une meilleure utilisation à la petite caisse qui en faisait partie et qui représentait 25 0/0 de sa surface totale. L'expérience

(1) Voir une série de courbes de ce genre page 235.

des usines où l'on a augmenté les prélèvements sur les premiers corps a prouvé aussi que le coefficient de transmission s'y accroît quand on augmente la transmission par mètre carré-heure.

Le constructeur d'un appareil peut avoir, mais plus rarement, à calculer les proportions d'une caisse neuve. La section du tube central et celle des petits tubes sont alors les principaux facteurs à considérer, mais jusqu'ici on n'a procédé que par empirisme. L'emploi de tubes de diamètre inférieur à 45 *mm* (chiffre habituel en France) et peut-être de faisceaux moins hauts se justifierait probablement dans bien des cas, surtout pour les derniers corps. Mais l'expérience seule pourrait trancher la question à l'aide de dispositifs analogues à ceux que nous avons employés pour étudier la circulation dans les caisses.

Dans la plupart des usines actuelles, on est encore loin de tirer tout le parti possible de la surface de chauffe existante, soit au point de vue de la capacité de production soit au point de vue de la consommation de combustible.

Une amélioration importante, quoique peu coûteuse, consiste, dans bien des cas, à chauffer le premier corps, partie par de la vapeur d'échappement des machines et partie par la vapeur de jus produite dans une caisse bouillant à 112 degrés de manière à remplacer l'ancien appoint de vapeur directe détendue. (En Allemagne cette caisse est appelée Pauly.)

On transforme en partie le quatruple effet en un quintuple effet tout en augmentant sa capacité totale de production à surface égale, au lieu de la réduire. Ce système permet de tirer parti de la réduction de consommation de vapeur des machines que l'on obtient aujourd'hui en centralisant la production de la force motrice et en développant l'emploi des transmissions électriques. En effet il y a intérêt dans ce cas à envoyer au premier corps la moins grande quantité possible de vapeur d'échappement.

Cette disposition, jointe à l'emploi presque exclusif de vapeur de jus, pour chauffer les cuites permettra de réduire dans bien des cas de près d'un quart la consommation de combustible de l'usine. Les sucreries qui ne possèdent encore que des chauffages peu importants par la vapeur de jus verraient leur consommation de charbon tomber de près de moitié si elles étaient rationnellement transformées.

Une sucrerie fonctionnant dans de bonnes conditions doit évaporer dans son quadruple effet 1 000 à 1 100 *kg* d'eau par tonne de betteraves, et dans ses cuites de premier jet 100 *kg*. Si toutes

les batteries de diffusion sont dans l'usine le chauffage de la diffusion consomme 120 *kg* de vapeur et les autres chauffages 180 *kg*. On peut donc prélever au total 400 *kg* de vapeur sur les différents corps du quadruple effet si l'on chauffe entièrement les cuites de premier jet avec de la vapeur de jus et 300 *kg* seulement si l'on cuit exclusivement avec de la vapeur directe. Dans le cas le plus favorable, si l'on évapore au moyen d'un quadruple effet muni d'un Pauly, on consomme par tonne de betterave :

Vapeur d'échappement introduite au premier corps.	300 *kg*
Vapeur directe introduite au Pauly	150 *kg*
Vapeur condensée dans les machines pour produire 20 PS/heure	80 *kg*
Pertes et emplois divers dans l'usine	70 *kg*
CONSOMMATION TOTALE . .	600 *kg*

Un charbon moyen vaporise 8 *kg* d'eau à 90 degrés par kilogramme. On devra donc consommer 75 *kg* de charbon par tonne de betteraves.

Les chiffres qui précèdent résultent des indications fournies dans les travaux de MM. Claassen et Vignier, ainsi que de nos observations personnelles. Ils supposent en particulier la nécessité d'une consommation de force motrice de 20 chevaux-heure par tonne de betterave. Une usine capable de traiter 1 000 *t* en vingt-quatre heures aurait ainsi besoin de 800 chevaux. Le docteur Claassen admet un chiffre moitié moindre. La vérité paraît être comprise entre ces deux limites.

Pour obtenir ce résultat il faut avoir un quadruple effet de 1 600 m^2 répartis approximativement comme suit :

Pauly	160 m^2	Chiffres calculés d'après le docteur Claassen avec une marge de sécurité de près de 50 0/0.
Premier corps . . .	650 m^2	
Second corps. . . .	300 m^2	
Troisième corps . .	250 m^2	
Quatrième corps . .	250 m^2	

et une surface totale de réchauffeurs d'environ 500 m^2.

La surface totale des générateurs semi-tubulaires nécessaires serait alors de 1 200 m^2.

Il est à peine besoin de faire remarquer que la plupart des usines actuelles ont besoin d'un matériel beaucoup plus considérable pour n'obtenir que des résultats très inférieurs (1).

(1) Pour le détail des calculs justifiant les résultats ci-dessus nous renverrons aux études originales de MM. Claassen, Willaime et Vignier.

BIBLIOGRAPHIE

1. Traités de PECLET, de SER, etc.
2. OSBORN REYNOLDS. *Influence de la présence de l'air au point de vue de la condensation de la vapeur.* — London, *Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine*, 1874.
3. LANG. *Verh d. Engineers and Shipbuilders of Scotland.* — 1888-89, page 279.
4. HUDSON. *Heating and concentrating liquids by Steam Engineer.* — 1890, page 291.
5. D.-B. MORISON. *Proceding Institute Mechanical Engineers.* — 1892, page 483.
6. L. HOLBORN und W. WIEN. *Die bisherigen Bestimmungen des Wärmeleitungs Vermögens von Metallen.* — *Zeitschrift des Vereines deutcher Ingenieure.* — 1896, page 45.
7. JELINEK. *Zeitschrift des Vereines für Rübenzucker-Industrie*, 1894.
8. CLAASSEN. *Zeitchift des Vereines deutcher Ingenieure*, 1902. — *Die Zuckerfabrikation*, chez Schallehn et Wollbrück, 1901.
9. MOLLIER. *Uber den Wärmedurchgang und die darauf bezüglichen Versuchsergebnissen.* — *Zeitschrift des Vereines deutcher Ingenieure.* — 1897, nos 6 et 7.
10. KŒNIG. *Suftgehalt des Wassers.* — *Zeitschrift*, 1892.
11. HAUSBRAND. *Verdampfen Kondensieren und Kühlen.* — Berlin, Julius Springer, 1900.
12. WILLAIME. *Bulletin de l'Association des chimistes de sucrerie*, 1903, nos 9, 10 . . . et suivants.
13. VIGNIER. *Sur l'évaporation en sucrerie.* — *Bulletin trimestriel du syndicat des fabricants de sucre de France*, juin 1903.
14. HOLBORN und DITTENBERGER. *Zeitschrift*, 1900, page 1724.
15. AUSTIN. *Uber den Wärmedurchgang durch Heizflächen.* — *Zeitschrift*, 1902, page 1890.
16. WITZ. *Comptes rendus de l'Académie*, 1892.
17. HORSIN-DEON. *Traité théorique et pratique de la fabrication du sucre.* — Paris, Bernard, 1900.

TRANSMISSION DE LA CHALEUR

DANS LES APPAREILS D'ÉVAPORATION A MULTIPLE EFFET

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION 203

CHAPITRE PREMIER

Étude expérimentale des appareils d'évaporation à effets multiples.

§ I. — Étude de la circulation dans les appareils à faisceau tubulaire vertical . . 205
II. — Détermination expérimentale des pressions et des vitesses 206
III. — Étude expérimentale de la température du jus. 213
IV. — Étude expérimentale du coefficient de transmission dans les appareils industriels d'évaporation 214

CHAPITRE II

Recherches expérimentales exécutées au moyen de petits appareils.

§ I. — Appareil vertical de l'auteur. 222
II. — Appareil horizontal de l'auteur. 227

CHAPITRE III

État actuel de nos connaissances sur la transmission de la chaleur d'une vapeur à un liquide.

§ I. — Transmission de la chaleur de la vapeur à la paroi du métal. 236
II. — Transmission de la chaleur par la conductibilité à travers la paroi 241
III. — Transmission de la chaleur du métal au liquide. 242

CHAPITRE IV

Application des études sur la transmission de la chaleur au calcul et à la construction des appareils d'évaporation industriels. 250

BIBLIOGRAPHIE. 255

NOUVEAU GAZOGÈNE
A FLAMME RENVERSÉE

PAR

M. Jules DESCHAMPS

Généralités.

Un bon gazogène devrait pouvoir employer presque tous les charbons quels que soient leurs triages, même s'ils sont chargés de produits volatils ou s'ils contiennent des cendres.

Jusqu'à présent on n'a pu utiliser dans les gazogènes que des combustibles peu cendreux, ou bien les mâchefers qui se forment ont beaucoup gêné à cause des décrassages très pénibles, qui nécessitaient la mise hors de service très fréquente des appareils et des interruptions de marche.

Il conviendrait qu'un gazogène puisse être chargé et nettoyé sans arrêts, et ne s'encrasse pas.

Quand il s'agissait d'alimenter des moteurs à gaz, on était très embarrassé par les goudrons qui venaient coller les soupapes des moteurs et, même pour le chauffage, les gaz ainsi formés faisaient des dépôts de suie ou de goudron, suivant l'allure, et encombraient les conduites, de telle sorte que les gazogènes devaient être placés tout à proximité des fours où le gaz était employé.

Dans ces conditions, pour les moteurs à gaz notamment, on n'a pu employer dans ces derniers temps que du coke, ou des anthracites, criblés.

D'où donc trois sortes de difficultés à résoudre : ne pas faire de goudrons ou s'en débarrasser, pouvoir employer des charbons menus ou tout-venants, ne pas être encombré par les mâchefers.

On peut dire qu'aujourd'hui l'emploi des charbons riches en produits volatils est assuré.

D'une part, on peut, avec des épurateurs convenablement disposés, se débarrasser totalement des goudrons entraînés.

Les recherches faites pour épurer les gaz de hauts fourneaux ont beaucoup contribué à indiquer la solution du problème et, aujourd'hui, la maison Mond (The Power Gas Corporation Limited) traite dans un gazogène genre Dowson des combustibles très bitumineux et, des appareils d'épuration, le gaz sort absolument pur et peut être employé sans inconvénient.

D'autre part, différents procédés, tels que la combustion renversée, l'emploi de deux cuves, l'une remplie de coke, ont permis de transformer la plus grande partie, sinon tous les produits volatils, en gaz tels que l'oxyde de carbone, l'hydrogène, le méthane, qui ne forment pas de dépôts. On a pu, aussi, dans une même cuve, chercher à faire un double courant gazeux, de façon à obliger les produits de la distillation à traverser la zone de combustion pour obtenir le même résultat.

Il est certain que ces procédés-là sont en général plus économiques, puisqu'ils permettent de transformer, c'est-à-dire d'utiliser, les produits volatils, que le procédé Mond élimine.

Toutefois, il ne faut pas oublier que, pour de grandes installations, il peut être préférable de recueillir les produits de la distillation s'ils sont d'une vente rémunératrice et il faut espérer que, dans un avenir prochain, on distillera ainsi beaucoup de combustibles inférieurs, comme les tourbes et les lignites.

Puisque l'on peut, avec des épurateurs, se débarrasser de tous les goudrons quand on gazéifie des charbons à 25 ou 30 0/0 de produits volatils, on peut toujours, à fortiori, épurer un gaz où les produits volatils ont été transformés dans une grande proportion.

Il semble donc qu'il n'y a plus lieu de s'inquiéter de cette première difficulté.

Quand on veut faire traverser par du gaz une masse épaisse de combustible, ce qui est nécessaire dans tous les gazogènes, il est à craindre que la résistance opposée soit trop grande et qu'alors tout le passage se fasse le long des parois, ou bien qu'il se forme des cheminées dans la masse du combustible.

Les inconvénients sont : que la haute température se porte le long des parois, ce qui facilite l'encrassement du gazogène ; que le gaz passe sans être suffisamment carburé et l'on ne recueille que des fumées ; que le charbon reste au milieu du gazogène sans brûler et, même avec de grandes cuves, le débit devient très restreint.

Ceci a obligé, dans la plupart des cas, à employer des charbons criblés de même grosseur et, même, dans beaucoup d'installations, un premier criblage ne suffit pas; il faut cribler à nouveau le charbon après les manipulations que le transport lui a fait subir, au moment de le charger dans le gazogène. D'où un prix de revient plus élevé et quelquefois un déchet d'un emploi très difficile, notamment pour les anthracites.

Le procédé qui semble le mieux convenir pour employer des charbons tout-venants ou menus, c'est d'insuffler l'air dans l'intérieur même de la masse du combustible, pour empêcher l'action des parois, et de remuer le combustible pour qu'il ne se forme pas de cheminées.

La troisième difficulté est la plus grave.

Les mâchefers ne sont dangereux que s'ils se soudent les uns aux autres. Ils finissent ainsi par former de grosses masses qui encombrent l'appareil et qu'il faut évacuer par un décrassage pénible.

C'est ce qui se produit chaque fois que l'on emploie des charbons un peu cendreux avec des gazogènes Siemens.

Si les mâchefers s'attachent aux parois, ils font tellement corps avec elles, qu'il est très difficile de les arracher, et souvent ils se composent avec les matériaux réfractaires et les détruisent rapidement.

Pour qu'un gazogène ne s'encombre pas, ne nécessite pas de décrassage, et que les cendres puissent s'évacuer d'une façon continuelle, il est donc nécessaire :

Que les mâchefers ne se forment pas auprès des parois;

Que la température soit peu élevée au bas du gazogène, là où les cendres se réunissent, afin que les mâchefers restent séparés les uns des autres.

Ce sont ces trois considérations qui m'ont guidé pour établir l'appareil que je vais décrire.

J'ai adopté la combustion renversée, d'une part, afin de transformer la plus grande partie des produits volatils et, d'autre part, pour avoir une température peu élevée au bas du gazogène, d'où les mâchefers et les cendres peuvent se retirer facilement par un joint hydraulique.

J'ai disposé l'entrée d'air par une ou plusieurs tuyères verticales suspendues au couvercle, de telle façon que l'air soit obligé de traverser le combustible dans quelque état qu'il se

présente, et que les mâchefers se forment au bout des tuyères, suspendus en quelque sorte, n'ayant pas de contact avec les produits réfractaires et ne pouvant pas s'y attacher.

J'ai adopté, en même temps, la marche par aspiration qui permet de charger ou d'ouvrir le couvercle de la tuyère sans difficulté, puisque le gaz ne refoule pas.

Je fais cette aspiration, soit par un ventilateur, soit par le moteur lui-même, suivant les circonstances et le combustible employé.

L'expérience a confirmé mes prévisions.

Description.

L'appareil qui m'a servi pour mes essais a été construit à la Société Anonyme des Ateliers de Montreuil (Anciens Établissements Joseph Leclaire) à la fin de l'année dernière. Il se compose essentiellement d'une cuve réfractaire cylindrique *(fig. 1 et 2)*. Il ne semble y avoir aucune utilité à évaser la cuve de haut en bas, comme dans les gazogènes américains puisque les mâchefers ne s'attachent pas aux parois.

Cette cuve est surmontée d'une trémie en fonte *d*, qui la prolonge, jusqu'au couvercle.

Il n'y a pas d'inconvénient à ce que la partie haute de la cuve soit en fonte, parce que cela facilite la descente du combustible. Les ouvriers peuvent pousser celui-ci plus facilement, au moment du chargement.

Cette cuve, partie en fonte, partie en réfractaires, est entourée d'isolants *b* et enfermée dans une tôle très étanche *c*. Elle repose sur une couronne en fonte *v* supportée par le socle.

Dans le haut, la cuve est ouverte en trois endroits.

Dans le milieu, une caisse *q* est disposée pour recevoir une tuyère *g* qui plonge à l'intérieur de la cuve et permet à l'air d'y pénétrer.

L'extrémité inférieure de cette tuyère est protégée par un réfractaire contre la haute température de la combustion.

L'air chaud provenant du récupérateur aboutit, par une conduite latérale *f*, dans la caisse et, de là, à la tuyère. La caisse *q* est fermée par un couvercle avec un joint de sable. La marche par aspiration rend cette fermeture suffisante. Deux orifices de chargement *o*, *o*, s'ouvrent de la même manière et permettent

l'introduction du charbon. L'expérience a montré que ces dispositions étaient bonnes.

Le socle du gazogène a été fait en fonte en forme de W.

Cette disposition, imaginée pour l'emploi des déchets de bois, avait pour but de séparer les cendres qui traversent la grille du charbon de bois qui s'évacuait dans le joint d'eau.

En outre, je pensais, à cette époque, qu'il conviendrait d'ouvrir quelquefois le bas du gazogène et j'avais réservé plusieurs portes.

Au contraire, dans les appareils actuellement construits, je fais le bas de la cuve en tôle et en réfractaires, et je conduis tous les déchets dans le même joint d'eau.

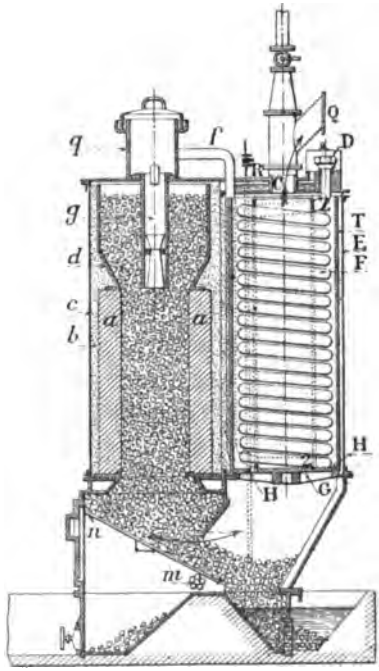


Fig. 1

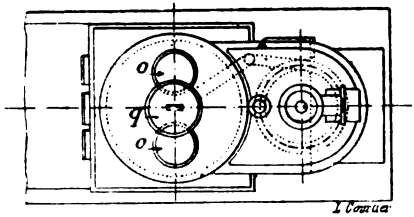


Fig. 2

Dans le socle, est placée une grille se composant de barreaux fortement inclinés, accrochés, en haut, à une tringle *n* et reposant, de l'autre bout, sur un arbre à cames *m*, que l'on peut faire tourner au moyen d'un cliquet.

Cette grille, dont les barreaux peuvent être jointifs, n'a pour but que de secouer le combustible, d'en faciliter la descente au cas où il se serait formé un vide dans l'intérieur de la cuve.

Enfin le socle est terminé, en *t*, par un bassin plein d'eau; c'est par là que l'on retire les cendres et les mâchefers.

Une tôle *x*, inclinée vers le centre du gazogène, empêche que le gaz ne sorte, de préférence, le long de la paroi du côté du récupérateur.

Le récupérateur est essentiellement formé d'une double chemise en fonte reposant sur une grille circulaire G. La chemise

intérieure F est fermée par le bas et remplie de sable. La chemise extérieure E est un cylindre ouvert aux deux bouts, protégé par un isolant T.

Dans l'intervalle, entre les deux chemises, est placé un serpentin Z en tube de fer d'une seule pièce, soudé avec large recouvrement, et qui aboutit à une lanterne D où l'on fait parvenir l'air chargé de vapeur et de gaz brûlés.

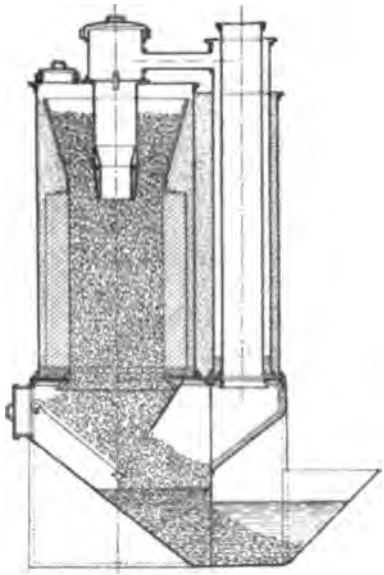


Fig.3

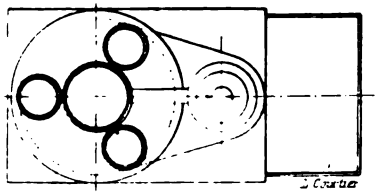


Fig.4

Le gaz circule entre les deux chemises, échauffe l'air qui circule en sens contraire dans le serpentin, tant en lèchant le serpentin qu'en chauffant la fonte qui rayonne sur le serpentin, remonte verticalement, à l'extérieur de la chemise E, pour aboutir, en *f*, à la caisse *q*. Le gaz, recueilli en haut par C, est entraîné par la tubulure Q, à moins que la cheminée figurée au dessin ne soit ouverte, lorsque l'on marche en veilleuse.

C'est sur un gazogène semblable que des essais ont été faits pendant huit mois et vont continuer avec d'autres combustibles.

Le récupérateur, tel qu'il est établi dans le gazogène, a donné des résultats remarquables, puisque les gaz, y pénétrant à 300 degrés, en sortaient à moins de 100 degrés en ayant chauffé à 200 degrés l'air primaire.

Mais il présente un inconvénient, c'est d'être très coûteux et d'un montage difficile à cause de la nécessité d'employer un serpentin d'une seule pièce pour éviter tout mélange possible de l'air et du gaz.

D'autre part, comme je l'ai dit, le socle du gazogène, en fonte et à peine protégé par un mince réfractaire, se dilate d'une façon

inégale, se fend, perd beaucoup de chaleur par les parois et le joint de la cuve verticale cylindrique en tôle avec le socle rectangulaire en fonte reste difficilement étanche.

J'ai modifié ces différentes dispositions, ainsi qu'on peut le voir dans les figures 3 et 4, représentant l'un des gazogènes actuellement construits (1).

Là, le socle est en tôle, protégé par une épaisse couche de réfractaire et une couche d'isolants. Une tôle inclinée est placée au-dessous de la grille et ramène dans le bassin les cendres qui la traversent.

Une porte est ménagée uniquement pour pouvoir avoir accès à la grille, au cas où il faudrait changer les barreaux.

On a mis trois portes de chargement au lieu de deux pour mieux distribuer le combustible, quoique l'on n'ait jamais eu, à Montreuil, de difficultés aux chargements et que l'on n'ait jamais souffert de la disposition du couvercle qui, avec deux ouvertures, ne permet pas cependant d'envoyer des ringards le long des parois, sauf exactement au-dessous des ouvertures.

Le récupérateur est très sommaire.

Il se compose d'une tubulure en tôle épaisse, rivée après le plateau et dont la jonction est d'autant plus étanche que de l'eau est placée autour de la tubulure et maintenue à un niveau constant.

Outre la sécurité qu'apporte ce joint d'eau, qui empêche tout appel d'air dans la conduite des gaz, il offre l'avantage d'empêcher le plateau de s'échauffer, et la vapeur ainsi formée vient très heureusement se mélanger à l'air chaud.

La figure 5 représente le plan de l'installation qui a été faite à Montreuil dans les ateliers Joseph Leclaire pour des expériences de gazogènes, de moteurs à gaz et de fours, en général, pour tout ce qui se rapporte à l'emploi du gaz pauvre.

Un grand hall a été séparé en deux parties, l'une à droite fermée sur toutes les faces pour mettre à l'abri les moteurs à gaz, dynamo, etc., et où est installé actuellement un moteur de 25 HP. réglé par « tout ou rien », prêté gracieusement par la maison Otto; une dynamo K confiée de la même manière par la maison Olivier, et un compteur électrique M de la Compagnie Continentale.

Dans la partie centrale du hall, sont installés les gazogènes;

(1) Laboratoire d'essais du Conservatoire national des Arts-et-Métiers.

le bâtiment est fermé sur trois faces, ouvert sur la quatrième, ce qui permet une circulation suffisante de l'air, tout en laissant le personnel à l'abri.

En A, est installé le gazogène semblable à la description qui précède; en *a*, un gazogène différent genre Dowson, qui est à l'étude.

En P, P, P, P, sont réservés des boxes pour emmagasiner les combustibles destinés aux essais.

Les appareils d'épuration sont à l'extérieur; ils se composent

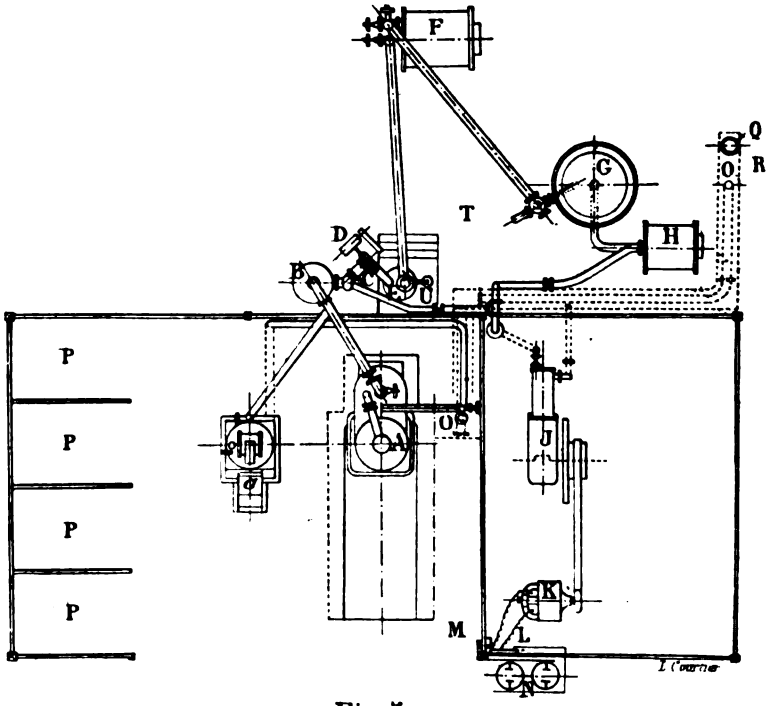


Fig.5

du scrubber B, qui a une garde hydraulique, et se recommande parce que le gaz descend presque jusqu'au niveau de l'eau par une tubulure centrale pour remonter annulairement au travers du coke mouillé.

En C, est le ventilateur centrifuge actionné par la dynamo D. En E, est le pot formant joint hydraulique qui reçoit les impuretés séparées par le ventilateur centrifuge et qui empêche tout retour du gaz, du gazomètre au moteur.

En G, est un petit gazomètre de $2m^3$, d'ou le gaz aboutit par une conduite au pot d'aspiration I du moteur.

Au début des essais, le gaz allait directement du pot E au gazomètre G et de là au moteur. Ultérieurement, on a introduit le compteur à gaz F, qui a été prêté gracieusement par la Compagnie Continentale, entre le pot et le gazomètre, de façon à mesurer la totalité des gaz produits.

Un autre compteur H de même provenance a été, au contraire, placé entre le gazomètre et le moteur pour mesurer la quantité de gaz que consomme le moteur.

Enfin, par une conduite T, peut s'échapper le gaz produit en excès. Il va brûler et ses fumées s'échappent par le caniveau qui entraine celles de l'échappement du moteur. Ce caniveau est figuré en pointillé et aboutit à une cheminée Q.

Nous avons disposé une conduite en fonte O, O, dans le caniveau même.

Elle est destinée à chauffer l'air d'alimentation et à permettre d'y mélanger des gaz brûlés.

On voit, en effet, sur le dessin que, d'une part, elle aboutit au récupérateur du gazogène A, d'autre part, dérive au gazogène *a*, avec des vannes permettant l'accès de l'un ou de l'autre.

L'air entre par l'orifice R et, à côté de la cheminée Q, une ouverture dans le caniveau a été ménagée avec une vanne, de façon à permettre aux gaz brûlés d'être aspirés en même temps que l'air en proportions variables.

J'ai cru longtemps que les gaz brûlés étant à une pression supérieure à la pression atmosphérique, tandis que l'air était aspiré, seraient appelés tout naturellement dans la conduite O,O dès que la vanne de communication serait légèrement ouverte.

Il s'est produit le contraire.

C'est le tirage de la cheminée Q qui appelait l'air avec les gaz et, pour obtenir le mélange, j'ai dû mettre une fermeture permettant d'étrangler plus ou moins l'entrée d'air R.

Enfin, à différentes reprises, j'ai fait couler un filet d'eau en R dans la conduite d'appel.

Cette eau se volatilisait grâce à la haute température provenant de l'échappement et l'air entrait chargé de vapeur.

Quand il ne coûte rien, comme dans ce cas-là, d'ajouter de la vapeur à l'air, il vaut mieux le faire, à moins que l'on ait des motifs de rechercher un gaz plus pauvre.

Avec cette disposition, le gazogène a généralement fourni plus

de gaz que le moteur ne pouvait en consommer. Cependant, à plusieurs reprises, on a fait fonctionner l'appareil même pendant un temps assez long avec un débit très restreint, comme, par exemple, en alimentant uniquement le moteur sans charge.

On n'a pas constaté que l'appareil fonctionne moins bien dans ces conditions-là.

Nous avons voulu aussi marcher par appel direct, sans l'intermédiaire du ventilateur, ni du gazomètre.

On a installé, dans ces conditions, une conduite U réunissant le départ du scrubber à l'entrée, au pot d'aspiration ; une vanne l'ouvre ou la ferme.

Enfin, le courant électrique produit sert d'abord à alimenter le ventilateur qui, en moyenne, consomme un HP ; et l'excédent est envoyé, soit pour les besoins de l'usine Leclaire, soit dans des résistances N.

Expériences sur divers combustibles, bois, tourbes, lignites, houilles, cokes, poussiers, fraisils.

Les premiers essais ont été faits avec du lignite de Marseille.

Ce combustible me semblait le plus difficile à employer à cause de sa forte teneur en produits volatils qui, suivant M. Lencauchez, forment des goudrons « vagabonds ».

D'autre part, il est en même temps humide et contient des cendres en proportions assez considérables.

L'expérience était donc particulièrement intéressante.

Le résultat de ce premier essai a été très concluant au point de vue de l'utilité de la combustion renversée.

Nous avions commencé par mettre une petite couche de combustible, l'allumer et charger au fur et à mesure que le feu pouvait se communiquer jusqu'à la hauteur de la tuyère, et ensuite, sans précaution inutile, jusqu'en haut du gazogène.

Ce procédé ne valait rien.

D'abord, nous avions ainsi échauffé beaucoup le bas du gazogène qui était mal protégé et ensuite il se trouvait y avoir du combustible non distillé dans une grande partie de la cuve, de telle sorte que pendant plusieurs jours consécutifs nous avons recueilli beaucoup de goudrons.

L'appareil fonctionnait d'une façon analogue à la combustion

directe et il est intéressant d'examiner ce qui se produisait dans ce cas.

Le scrubber n'a pas été encombré par les goudrons, qui, au contraire, étaient presque en totalité séparés par le ventilateur fonctionnant comme épurateur ; la décharge du pot était fréquemment engorgée et nous en avons retiré des quantités considérables de goudrons.

Ceci a duré pendant quatre ou cinq jours; la production de goudrons allait constamment en diminuant et, pendant les dix jours qui ont suivi, il n'y avait plus du tout de goudrons.

Ceci montre nettement que, si le scrubber est très utile pour refroidir les gaz et pour amener les goudrons dans un état de brouillard qui permette au ventilateur de les séparer, c'est un épurateur tout à fait insuffisant et que, par conséquent, chaque fois que l'on aura affaire à un gaz contenant des carbures insuffisamment décomposés, l'usage du ventilateur est absolument nécessaire.

Toutefois, dans les essais ultérieurs, nous avons pu faire marcher le moteur en appel direct, par conséquent sans ventilateur, et je crois qu'avec une hauteur de combustible suffisante, on obtient une épuration convenable lorsque les soupapes du moteur sont disposées pour ne pas craindre un gaz imparfaitement épuré, c'est-à-dire, par exemple, quand elles sont verticales, quand on peut envoyer quelques gouttes d'essence pour empêcher la tige de la soupape de se coller sur la douille de guidage, et quand les moteurs ne marchent que de jour et peuvent être visités par conséquent après chaque arrêt.

Nous ne procédons plus aujourd'hui de la même manière et, quand il s'agit d'allumer le gazogène, nous ne mettons le charbon frais que sur une couche de coke reposant sur du mâchefer, de façon à créer artificiellement la zone nécessaire à la réduction.

Nous avons donc employé le gaz de lignite pendant une dizaine de jours sans nettoyer les soupapes des moteurs. C'était un gaz très pur. Nous consommions, en moyenne, 50 *kg* de lignite à l'heure.

A la suite de cet essai, les soupapes du moteur étaient parfaitement propres.

Nous avons refait, plusieurs mois après, un nouvel essai de quinze jours avec le même lignite, en prenant les précautions que j'ai signalées pour l'allumage et, cette fois-là, nous n'avons

pas recueilli du tout de goudrons dans le pot; il ne s'en échappait, comme dans les essais ultérieurs, que de l'eau légèrement teintée.

Nous avons encore pu constater que l'on pouvait sans inconvénient, dès que la période de bonne marche était acquise, reverser dans le haut du gazogène le goudron que nous avions recueilli pendant la première phase et cette expérience m'a convaincu que l'on pouvait facilement utiliser des combustibles analogues, des schistes bitumineux par exemple, pourvu qu'il y ait dans le corps du gazogène une quantité de coke suffisante.

L'essai que nous avons fait ensuite était celui d'un lignite provenant des Landes et qui m'avait été adressé par les Aciéries de la Marine.

Ce lignite était tout particulier. Il n'avait pas de consistance, avait une apparence terreuse, et ne fournissait pas de coke.

Chauffé dans un foyer ordinaire, il brûlait à la surface sur une couche extrêmement mince et se réduisait en cendres sans avoir jamais pu devenir rouge dans la partie centrale.

Dans le gazogène, même après avoir fait, au-dessus du combustible, un feu intense avec du bois, le lignite ne s'échauffait pas ou du moins ne devenait rouge que par place, et il suffisait de le gratter avec une petite barre de fer pour détruire la petite pellicule qui seule pouvait brûler.

Nous n'avons pas pu faire avec ce combustible autre chose que des fumées qui ne s'allumaient pas, sauf dans le cas où il y avait au-dessous du lignite une couche de coke provenant d'un autre combustible.

J'ai donc renoncé à utiliser ce combustible et je crois que l'on ne pourrait l'employer que mélangé à un charbon différent.

Cela tenait peut-être à la très grande quantité d'eau qu'il contenait (60 0/0 à 70 0/0), car j'ai obtenu des résultats sensiblement analogues avec de la tannée mouillée.

Le combustible employé ensuite fut de la tourbe qui m'avait été expédiée de Saint-Pétersbourg par les Usines Franco-Russes.

Cette tourbe contenait environ 25 0/0 d'humidité. Elle était en pains d'environ 40 *cm* de long, à section carrée, telle qu'on coupe la tourbe à la bêche dans les exploitations. C'était donc de la tourbe brute, dont la densité était 0,625.

Sa composition était très voisine de celle du bois.

Ce combustible a donné des résultats remarquables. Le gaz

était absolument pur et nous avons pu l'employer pendant une dizaine de jours sans avoir à recueillir aucun goudron.

On pouvait conduire le gazogène à son gré. Les morceaux de charbon de tourbe que l'on recueillait dans le joint hydraulique étaient complètement carbonisés et il suffisait de les verser à nouveau dans le sommet du gazogène.

On comprend l'avantage de la combustion renversée pour les combustibles comme la tourbe, ou le bois qui en diffère si peu, qui produisent par la distillation des cokes qui se tiennent bien.

La séparation des cendres et des cokes se fait tout naturellement dans le joint hydraulique où le charbon de tourbe, comme le charbon de bois, monte à la surface de l'eau, et il n'y a pas à craindre qu'en enlevant trop rapidement les impuretés par le bassin d'eau, on fasse un déchet sensible.

Le même avantage n'existe pas avec les charbons, surtout avec les combustibles pulvérulents et, pour l'emploi de ceux-ci, il faut faire très attention à ne pas enlever trop rapidement les mâchefers dans le joint d'eau, sans quoi l'on fait descendre du coke et du charbon imparfaitement brûlés dans la cuve et l'on risque ainsi d'avoir une combustion incomplète, ce qui est très préjudiciable pour le rendement de l'appareil.

Nous avons fait à ce sujet quelques écoles à Montreuil.

Il est facile de comprendre que le péril est plus apparent que réel.

Quand un charbon contient, par exemple, 15 0/0 de cendres, il faut veiller à ce que l'ouvrier qui conduit le gazogène ne retire pas du bas de la cuve une proportion d'impuretés sensiblement supérieure à ce chiffre.

Il n'y a pas à craindre que le décrassage soit insuffisant, puisque ce qui reste dans la cuve est incomplètement brûlé et est ainsi toujours susceptible de fournir du bon gaz.

Mais il faut veiller à ce que ce décrassage se fasse régulièrement, de façon qu'il n'y ait pas de variations rapides dans la qualité de ce que contient la cuve, comme notamment lorsque l'on enlève d'un coup une assez grande proportion de cendres pour remplacer ces matériaux par du charbon frais.

Je suis convaincu, d'accord en cela avec la plupart des Ingénieurs qui ont suivi nos expériences, que le chargement automatique et l'enlèvement automatique des cendres, que je réaliserai dans des applications prochaines, constitueront un sérieux perfectionnement, parce qu'ils permettront une marche continue et régulière.

Nous avons gazéifié ensuite du charbon de Saint-Éloy, qui m'a été adressé par Châtillon-Commentry-Neuves-Maisons, dont un Ingénieur a suivi les essais de bout en bout, ainsi qu'un Ingénieur du Creusot.

Le charbon expédié contenait 33,9 0/0 de produits volatils et 23 0/0 de cendres fusibles attaquant habituellement les réfractaires.

L'expérience a duré dix jours consécutifs, dont les quatre derniers, jour et nuit, sans arrêt.

Les soupapes du moteur n'ont été visitées qu'à la fin de l'expérience ; elles étaient dans un état de propreté remarquable.

Le gazogène aussi a été vidé et il a été constaté qu'il n'y avait aucun mâchefer adhérent aux parois.

On a mesuré la proportion de goudron que contenait le gaz avant et après les appareils d'épuration.

Pour cela, on a fait passer une quantité déterminée de gaz dans des tubes en verre remplis de coton et tarés d'avance, on a mesuré ensuite, au laboratoire de l'usine Saint-Jacques, l'accroissement de poids résultant du passage des gaz. Il a été constaté qu'il était d'environ 1, 9 *g* par metre cube.

Comme, d'autre part, il n'y avait pas que du goudron, mais qu'une certaine quantité d'humidité était ainsi recueillie et que le gaz a environ la densité de l'air, on peut admettre que la proportion de goudrons était d'environ 1 millième.

Le combustible que nous avons essayé ensuite est la tannée. Celle-ci m'a été fournie par M. Jossier, président de la Chambre syndicale. Elle était très humide et contenait environ 70 0/0 d'eau.

Comme avec le lignite des Landes, la tannée seule ne pouvait pas fournir de gaz et ne donnait que des fumées très chargées de vapeur; cela tenait surtout à la basse température.

Nous avons fait des mélanges de tannée et de charbon fin et, dans ces conditions, nous avons obtenu de bons résultats en mélangeant 6 *kg* de charbon pour 25 *kg* de tannée.

Il est certain, en pratique industrielle, que l'on pourrait faire autrement; on pourrait notamment employer une grande partie de la chaleur entraînée par les gaz à chauffer et sécher en grande partie la tannée, et celle-ci, ramenée à 40 0/0 d'eau, fournirait un combustible très convenable, ou du moins, s'il fallait ajouter un peu de charbon, les proportions en seraient très réduites.

Mais l'appareil de Montreuil n'est pas disposé en conséquence : il aurait fallu supprimer le récupérateur et disposer la sortie des gaz d'une façon toute différente.

On comprend qu'avec des combustibles très humides le déchet soit important, parce que l'on ne peut pas utiliser les chaleurs perdues à faire de la vapeur d'eau, puisqu'il y a déjà de l'humidité en excès dans le gaz.

Ces chaleurs perdues sont, d'autre part, très considérables, parce que les gaz contiennent ainsi l'importante chaleur latente de toute l'eau vaporisée.

En tous cas, ce que les essais faits sur la tannée ont montré d'une façon certaine, c'est que ce combustible, même chargé très humide, n'a besoin que d'un appoint très restreint de charbon pour fournir du gaz convenable, et que l'emploi de moteurs à gaz, dans ces conditions, procure une économie considérable par rapport à celui des machines à vapeur avec des foyers spéciaux.

Nous avons fait ensuite un essai assez long et fort intéressant à différents points de vue.

Nous avons employé, à la suite l'un de l'autre, sans rien modifier à l'installation, du charbon de Marles et du charbon de Seraing, qui sont cependant tous deux fort différents.

Nous avons, pour la première fois, employé ces deux charbons à l'état de tout-venants contenant pas mal de fines et nous avons ainsi marché pendant seize jours et quinze nuits sans arrêt.

Pendant les douze premiers jours, nous employions le charbon de Marles, l'un des plus riches en produits volatils du Pas-de-Calais.

L'expérience s'est effectuée sans aucune difficulté et il a été constaté, au bout des douze jours, que les soupapes du moteur à gaz étaient en parfait état de propreté.

Il avait été pris plusieurs échantillons de gaz dont la composition moyenne a été la suivante :

CO	14,7	
H^2	15	
CH^4	3,7	Pouvoir calorifique 1 260 calories.
CO^2	5,5	
O^2	1,9	
N	59,2	

Il a été fait, pendant cet essai, un relevé des quantités de charbon consommées correspondant au travail effectif fourni par la dynamo.

En soixante heures, il a été chargé 1 718 *kg* de charbon, qui ont fourni au grand compteur à gaz 6 907 m^3, dont 2 473 ont été employés dans le moteur à gaz pour produire 782 kilowatts. La consommation par kilowatt serait donc de :

$$\frac{1\,718 \times 6\,907}{782 \times 2\,473} = 780\,g.$$

Ce qui correspond, pour un rendement de 83 0/0 de la dynamo employée, à une consommation de 480 *g* par HP.

Ce chiffre peut être considéré comme un maximum, parce que, comme je l'ai déjà dit, ce gazogène d'expériences n'est pas établi pour un bon rendement; ses parois, notamment celles du bas, sont mal protégées; en outre, dans cet essai de charbon de Marles, on n'a pas cherché à utiliser le coke que l'on recueillait avec les cendres dans le joint d'eau.

L'essai du charbon de Seraing, qui a fait suite sans interruption à celui du charbon de Marles, avait surtout pour but, dans l'esprit des Ingénieurs de la maison Cockerill, de voir, d'une part, si le charbon à coke très collant de Seraing pourrait être employé sans produire d'encombrement dans le gazogène, et ce que l'on avait adressé contenait au moins 60 0/0 de fines; d'autre part, si ce charbon, qui contenait bien 15 0/0 de cendres très fusibles, ne produirait pas des mâchefers qui s'accrocheraient aux parois.

On a d'abord constaté avec plaisir que la marche continuait avec le charbon de Seraing comme avec celui de Marles. Il n'y avait que la composition du gaz qui variait un peu en contenant moins de méthane.

Quand on a examiné le gazogène au bout de cette assez longue période de marche continue, on a pu constater que la cuve ne contenait aucun accrochage.

On l'a vidé entièrement à la pelle par le joint hydraulique, sans intervenir par la partie supérieure.

Les essais qui ont suivi ont eu lieu pour les combustibles les plus variés, des lignites, notamment celui de Gemmelaincourt que l'on a employé à l'état menu, des fines tamisées de Marles, des déchets de bois, sciures et copeaux, du charbon de forges

de Carmaux tel qu'il passe dans les grilles en long écartées de 3 *cm*, du charbon de Newcastle tout-venant, du charbon de Cardiff, etc.

Le rendement était particulièrement meilleur aux derniers essais, parce que l'on avait amélioré l'isolement du bas de la cuve.

C'est ainsi que, notamment avec le charbon de Newcastle, on a pu faire 24 515 m^3 avec 5 300 *kg* de charbon, soit 4,6 m^3 par kilogramme. C'est un rendement remarquable pour un gazogène.

J'ai gazéifié aussi des charbons gras et des anthracites très schisteux qui m'étaient adressés de Blanzy et les résultats ont été parfaits, à tel point que je crois que mon appareil permettrait l'emploi de beaucoup de schistes actuellement rebutés, surtout des déchets de lavage.

Si l'on ne voulait pas employer le gaz produit, dans des moteurs, il me serait facile de faire des cuves spéciales destinées à être accolées aux chaudières transformées ainsi en chaudières à gaz.

Les essais, qu'il serait trop long de citer tous ici, ont toujours montré ces deux résultats : que l'on pouvait utiliser sans inconvénient les charbons les plus pulvérulents, les charbons les plus menus et les plus collants, sans qu'il se présente de difficultés au passage de l'air dans le combustible, et que l'on pouvait utiliser les charbons les plus cendreux sans qu'il se fasse de dépôt de mâchefers le long des parois.

Ces deux qualités sont essentiellement dues à l'emploi d'une tuyère centrale.

En outre, le gaz produit a constamment été suffisamment propre pour ne pas encrasser les soupapes du moteur et même, à différentes reprises, on a fonctionné en appel direct, sans ventilateur, et l'on n'a pas constaté un encrassement plus considérable qu'avec les gazogènes ordinaires à anthracite.

Ceci est dû à la combustion renversée.

Un essai cependant qu'il convient de citer, à cause de ses importantes conséquences, est celui que j'ai fait tout récemment du coke, des poussiers de coke et même du fraisil des boîtes à fumée de locomotives.

Les mâchefers ne se soudaient pas et ce que l'on retirait, au bas de la cuve, était simplement de la boue.

L'emploi des combustibles les plus menus ne m'inquiète pas, il peut être obtenu avec la même dépression que celle qui convient pour les combustibles les plus gros.

C'est ce que je pense expliquer ultérieurement, en faisant appel aux lois générales de la mécanique, et je montrerai, ainsi, comment doivent être construits des appareils spéciaux pour ces sortes de combustibles. Les principes sont les mêmes; le type d'appareil est constant; ce sont les proportions relatives qui varient suivant une loi mathématique.

Gaz pour fours.

Ce gazogène a donc donné lieu à passablement d'expériences pour l'emploi des moteurs à gaz.

Il conviendrait tout aussi bien pour les fours, surtout avec les grandes cuves rectangulaires à tuyères multiples, que nous nous disposons à construire.

Quelques simplifications apportées pour cette application permettent de le rendre d'un emploi aussi facile que les gazogènes Siemens et il n'y aura en tout cas pas à craindre les pénibles décrassages que l'on rencontre dans ceux-ci. En outre, on pourra utiliser des combustibles que l'on était jusqu'ici obligé d'abandonner.

Enfin, l'on produira ainsi du gaz propre qui pourra circuler dans les plus longues conduites sans y laisser de dépôt, et cela permettra d'alimenter des fours séparés et des moteurs, avec une même batterie de gazogènes.

Gaz à l'eau.

Je songe aussi à construire, avec le même type de cuves et de tuyères, des gazogènes pour gaz à l'eau.

Il semble, en effet, que ce gazogène qui dérive directement de celui de Loomis est particulièrement fait pour permettre l'emploi des combustibles les plus variés pour la fabrication du gaz à l'eau.

CHRONIQUE

N° 285

SOMMAIRE. — Les dispositifs de changement de marche dans les machines à vapeur *(suite)*. — Différences fondamentales de construction entre les moteurs à gaz et les machines à vapeur. — Pont en maçonnerie sur l'Adda. — Les chemins de fer vicinaux en Belgique. — Pose de conduites d'eau dans des rivières. — La navigation du Haut-Rhin.

Les dispositifs de changement de marche dans les machines à vapeur *(suite)*. — Le système dont nous nous occupons a été largement employé sur les locomotives où il a été introduit, paraît-il, par Nicolas Wood, vers 1820, au chemin de fer des houillères de Killingworth. Sur les machines de cette ligne, et probablement sur d'autres, on donnait à l'excentrique une course plus grande que celle du tiroir et la tige du premier portait des taquets agissant par choc sur la tige du distributeur de manière à imprimer à celui-ci un déplacement brusque et saccadé semblable à celui donné par la poutrelle. On ne tarda pas à supprimer cette complication nuisible.

Toutes les locomotives du concours de Rainhill, y compris la *Rocket*, étaient munies du changement de marche à excentrique à décalage automatique qui fut employé à peu près exclusivement jusque vers 1835, malgré les inconvénients que nous avons signalés plus haut et qui s'accentuaient encore sur des machines comme les locomotives. La manœuvre était lente et incertaine ; il fallait quatre manettes, deux pour déclancher les barres d'excentriques et deux pour faire mouvoir les tiroirs à la main. L'excentrique, libre sur l'essieu, se décalait facilement pendant la marche et brouillait la distribution. On avait cherché à remédier à ce dernier défaut en disposant sur l'essieu deux disques calés sur lui et comprenant entre eux, avec un jeu assez notable, les deux poulies d'excentriques fondues ensemble et folles sur l'essieu. Les disques portaient chacun une encoche sur leur face intérieure, et les poulies une saillie latérale ; lorsqu'on poussait les poulies à gauche, par exemple, la saillie de ce côté s'engageait dans l'encoche du disque du même côté et assurait la position des excentriques pour un des sens de la marche. Le déplacement des poulies vers la droite les fixait pour l'autre sens et la position, une fois assurée, ne pouvait varier d'elle-même pendant le fonctionnement. On opérait le déplacement des poulies dans le sens de la longueur de l'essieu en appuyant le pied sur une pédale. Ce perfectionnement avait l'inconvénient d'introduire une manœuvre de plus dans le changement de marche. Il fut employé surtout par les constructeurs anglais Fenton, Murray et Jackson, de Leeds, et on le rencontrait sur une petite locomotive à quatre roues provenant de cet atelier et fonctionnant sur le chemin de fer de Saint-Germain.

La complication du système à excentrique fou et ses inconvénients

multiples font comprendre avec quel empressement on accueillit, au moins pour certaines applications, les dispositions perfectionnées dont nous allons parler.

3° Excentrique libre à décalage non automatique. — Les inconvénients signalés pour le système précédent, surtout pour des machines à rotation un peu accélérée, ont conduit à faire opérer le décalage de l'excentrique par des moyens mécaniques, ce décalage effectuant lui-même le déplacement du tiroir, en supprimant la manœuvre à bras de celui-ci.

Comme l'excentrique doit, pour occuper sa nouvelle position, être poussé en avant de la première dans le sens primitif de rotation de l'arbre, on ne pourrait guère opérer ce déplacement directement sans risques pour le personnel et sans un effort excessif à cause de la résistance du tiroir, surtout dans des appareils un peu puissants. Aussi a-t-on recours presque toujours à des transmissions plus ou moins ingénieuses.

On peut distinguer deux cas : celui où les excentriques sont montés sur l'arbre moteur, et celui où ils se trouvent sur un arbre spécial de distribution parallèle à l'arbre moteur, placé généralement au-dessus ou à côté de celui-ci et relié à lui par des engrenages.

La première disposition se rencontrait, il y a une cinquantaine d'années, sur quantité de petits bateaux à hélice construits par Gache, de Nantes, et par d'autres constructeurs. Ces dispositifs étaient généralement très simples, s'appliquant à des puissances minimes.

Dans le second cas, l'arbre de distribution est relié, comme nous l'avons dit, à l'arbre moteur par une transmission à engrenage dans laquelle on introduit des équipages différentiels au moyen desquels l'action du mécanicien sur un volant terminant l'arbre de distribution renverse simultanément la marche de tous les cylindres attelés sur l'arbre moteur. Des systèmes de ce genre, imaginés par Mazeline, Dupuy de Lôme, Maudslay, etc., ont été très employés autrefois dans les machines à hélice à cylindres horizontaux. Quelquefois, dans les très grands appareils, le volant de changement de marche était commandé par une toute petite machine à vapeur.

Ces mises en train à mouvement différentiel ont été, dans quelques cas assez rares, appliquées à des machines à roues ; on peut citer comme exemple des paquebots des Messageries Maritimes et ceux du Pacifique munis des premières machines Woolf de Randolph et Elder.

On peut faire rentrer dans la catégorie de dispositifs qui nous occupe le changement de marche des machines oscillantes de Cavé, si répandues à une époque déjà lointaine sur la Seine, et dans lesquelles la distribution s'opérait, pour l'admission, par un disque circulaire tournant sur une de ses faces planes. L'axe de ce disque qui recevait son mouvement de rotation de l'arbre du moteur par des roues d'angle se reliait à un certain point à une autre tige placée en prolongement par un manchon à buttoirs portant un volant à main. La manœuvre de ce volant permettait de faire tourner d'un certain angle le disque distributeur en changeant le point de contact des buttoirs du manchon. Cette manœuvre faisait aussi tourner un excentrique triangulaire, dit *culbuteur*, chargé d'actionner les plaques glissantes servant de distributeurs

d'échappement. Nous avons vu plus haut que dans certaines machines du même constructeur, ces plaques étaient mues par des dispositifs différents.

Le décalage de l'excentrique en vue du changement de la marche a été aussi opéré par le déplacement, dans une rainure héliçoïdale pratiquée sur la circonférence de l'arbre, d'une pièce qui transforme en mouvement angulaire de l'excentrique autour du centre de l'arbre un déplacement parallèle à l'axe longitudinal de celui-ci.

On a quelquefois employé des mécanismes de ce genre sur des machines de bateaux et aussi sur des locomotives. Un de ces systèmes dû à H. Dubs, alors directeur de la Vulcan Foundry, à Warrington, depuis constructeur à Glasgow, fut appliqué à des locomotives faites à cette usine pour le Vale of Neath Railway et pour un chemin de fer irlandais. Le levier de changement de marche, placé à l'arrière de la boite à feu, se déplaçait dans un plan perpendiculaire à l'axe longitudinal de la locomotive. On trouve un dessin de ces machines dans le supplément au *Railway Machinery*, par Clark et Colburn, paru en 1862.

Isaac Dodds, de Newcastle, paraît, à une époque antérieure, avoir appliqué sur des locomotives un système agissant au moyen d'un double coin glissant dans une fente traversant l'essieu dans le sens de son axe ; le déplacement longitudinal de ce coin changeait le calage de l'excentrique, non plus par un mouvement angulaire de rotation, mais par un déplacement dans un sens perpendiculaire à l'axe de l'essieu.

On a essayé de faire opérer ce déplacement de l'excentrique entre les positions correspondant aux deux sens de la marche par l'action d'un piston soumis à une pression hydraulique. Nous signalerons dans cet ordre d'idées les systèmes imaginés, d'une part, par M. Muller, Ingénieur de la Société des Batignolles et, de l'autre, par l'Ingénieur anglais Joy. Ces systèmes, fort ingénieux d'ailleurs, ne paraissent pas avoir réussi en pratique.

4° Excentrique fixe avec barre à encoche et commande du tiroir à la main. — Ce genre de dispositif aurait peut-être dû être logiquement placé à la suite du système à excentrique à décalage automatique dont il constitue une simplification, mais il a paru préférable de le placer ici, vu la plus grande importance des systèmes placés dans la catégorie 3.

La méthode dont nous nous occupons peut être appliquée avec deux excentriques ou avec un seul. Dans le premier cas, assez exceptionnel d'ailleurs, il y a deux excentriques, l'un pour la marche en avant, l'autre pour la marche en arrière ; les barres de ces excentriques portent à leur extrémité libre une encoche pouvant, à volonté, s'engager sur le bouton du levier de commande du tiroir, et on manœuvre ce tiroir à la main pour engager le bouton avec l'encoche de l'une ou l'autre des barres suivant le sens que l'on veut donner à la marche. La manœuvre ne prête à aucune incertitude, parce que le mécanicien, en dégageant une des barres, n'a qu'à diriger, avec le levier à main, le bouton de ce levier vers l'encoche de l'autre barre d'excentrique.

Nous avons rencontré, il y a longtemps, cette disposition sur la machine en démolition d'un vieux remorqueur de la Basse-Seine, le *Rouen-*

nais, machine à haute pression sans condensation à deux cylindres oscillants verticaux, construits par Hallette, antérieurement à 1840, et sur plusieurs machines de bateaux de la Seine remontant à la même époque, et dont la plus forte était celle du remorqueur le *Rouen* de 160 *ch*. Ces machines provenaient de l'atelier Pauwels, à Paris.

Dans ces appareils, le levier de commande du tiroir était formé d'une pièce en bronze percée de deux fentes parallèles dans chacune desquelles passait une des barres d'excentriques et que traversait le bouton avec lequel pouvaient s'engager alternativement les encoches pratiquées à l'extrémité des barres.

Le levier à bras en fer s'ajustait à l'extrémité de cette pièce en bronze. Pour éviter que les encoches des deux barres ne pussent s'engager simultanément avec le bouton, ce qui aurait amené infailliblement la rupture de quelque pièce, les queues terminant les deux barres étaient reliées par une chaine passant sur une poulie fixée à un barrot du pont ; de la sorte, si une des barres était en prise avec le bouton, l'autre se trouvait relevée et inversement. Disons, en passant, que les machines dont nous parlons, du type incliné, présentaient des détails de construction très remarquables ; les bâtis étaient constitués par quatre barres de fer rond, allant d'une extrémité à l'autre de la machine, comprenant entre elles les glissières des têtes de tiges des pistons et servant, par leur extrémité supérieure filetée, au serrage des coussinets des paliers de l'arbre des roues. Cette disposition a été reprise plus tard par les ateliers de Seraing pour des machines verticales à pilon pour paquebots transatlantiques.

Ces machines n'ont jamais été publiées ; nous avons jadis relevé celles du *Rouen* comme travaux de vacances de l'École Centrale.

Cette disposition de changement de marche se rencontrait aussi sur un grand nombre de machines horizontales pour hélices, construites plus tard par les ateliers du Creusot. La manœuvre à bras du tiroir s'opérait par un volant actionnant par un pignon une crémaillère fixée à la tige du distributeur. Un système de tringles et de leviers coudés remplaçait plus mécaniquement, mais avec moins de simplicité, la chaine et la poulie des machines de Pauwels.

Comme nous l'avons indiqué, le système dont nous nous occupons peut aussi s'appliquer avec un seul excentrique et nous aurions dû parler d'abord de ce dispositif, qui est plus ancien que le précédent. mais nous avons cru préférable de le donner à cette place, parce qu'il sert de point de départ à toute une série de mécanismes qui forment la cinquième catégorie.

La commande du tiroir s'effectuant généralement, dans les anciennes machines, par l'intermédiaire d'un levier calé sur un arbre dont le prolongement à l'extérieur porte le bras actionné par la barre d'excentrique, ce bras est prolongé à l'opposé, de manière à former un levier double ou balancier dont chaque extrémité porte un bouton, un de ces boutons servant pour la marche en avant et l'autre pour la marche en arrière. La manœuvre du changement de marche consiste donc uniquement à transporter l'encoche de la barre d'excentrique d'un bouton à l'autre en déplaçant le tiroir à bras pour amener en face de

l'encoche le bouton correspondant au sens de la marche qu'on veut obtenir. Ce système est très simple, mais ne donne pas toujours une distribution identique dans les deux sens de la marche, ce qui n'offre, d'ailleurs, pas grand inconvénient dans certaines applications. Il est très ancien, car on le trouve sur plusieurs des machines de bateaux décrites dans l'ouvrage de Marestier sur *les Bateaux à vapeur aux États-Unis*, publié en 1824, machines dont certaines dataient de 1816. On l'a aussi employé sur les machines d'extraction. Il figure sur un modèle d'une machine de ce genre, du type à balancier de Woolf, construite aux ateliers de Chaillot antérieurement à 1830, modèle exposé dans les galeries du Conservatoire des Arts et Métiers.

On a quelquefois, dans ce système de changement de marche, employé des renvois de mouvement pour arriver à placer les deux boutons, non plus l'un au-dessus de l'autre, et à une certaine distance, mais à la même hauteur et en regard, de sorte qu'il suffisait d'écarter légèrement la barre à droite et à gauche de son axe pour engager l'encoche avec le bouton correspondant. Une précaution à prendre dans ce genre de commande et, en général, avec tous ceux dans lesquels le tiroir devient à un moment donné dégagé de son mécanisme, est d'équilibrer le poids du distributeur lorsque celui-ci est disposé verticalement. Les contrepoids employés dans ce but empêchent le tiroir de descendre, lorsqu'il est libre, et réduisent l'effort que le machiniste a à exercer dans la manœuvre à bras.

5° *Excentriques fixes à fourchettes allongées.* — On vient de voir que, dans le système précédent, il fallait déplacer la barre d'excentrique et, en même temps, manœuvrer le tiroir à la main, c'est-à-dire effectuer deux opérations pour opérer le changement de marche. Les frères Carmichael, constructeurs à Dundee, eurent, dès 1818, l'idée très heureuse de réunir ces deux manœuvres en une seule, et créèrent le premier système de changement de marche qu'on pourrait appeler à manœuvre *positive*, parce qu'il suffit pour l'opérer de déplacer une manette, dans un sens ou dans l'autre, sans nécessiter d'attention ou de réflexion de la part du machiniste.

Dans ce dispositif, la barre d'excentrique portait, de chaque côté de son extrémité libre, une encoche prolongée en forme de V, de manière à donner à cette extrémité l'aspect d'un X. La longueur des fourchettes était calculée de manière que l'un des boutons du double levier de commande du tiroir étant engagé dans l'encoche formant le fond d'un des V, l'autre bouton pouvait se promener dans l'intervalle compris entre l'extrémité des branches de l'autre V, et que, si on déplaçait la barre d'excentrique, les plans inclinés formés par les branches de la fourchette ramenaient le bouton correspondant au fond de l'encoche, effectuant ainsi le déplacement du tiroir en même temps que le changement des encoches.

Cette disposition fut d'abord appliquée par les auteurs à deux bacs à vapeur du Tay, genre de bateaux pour lesquels la manœuvre de la machine devait s'opérer entièrement depuis le pont supérieur. Les mêmes constructeurs l'ont appliquée aux locomotives en 1830 et, un peu plus

tard, Forrester, de Liverpool, l'employa sur des machines du même genre en y introduisant une modification consistant à mettre à l'excentrique unique deux barres faisant entre elles un angle de 25 à 30 degrés, chaque barre ayant une fourchette dirigée vers l'extérieur. Cet arrangement avait l'avantage de réduire l'angle compris entre les deux positions de la barre unique et, par suite, l'inégalité des distributions pour les deux sens de la marche (1). Cavé appliqua, vers 1837, la disposition de la barre à double fourchette sur la locomotive *la Gauloise*, construite par lui pour le chemin de fer de Versailles, rive droite.

Un très grand progrès fut réalisé, en 1837, par les frères Hawthorn, constructeurs à Newcastle, qui imaginèrent de modifier la disposition indiquée plus haut de Forrester, en mettant un excentrique à chacune des barres à fourchettes. On pouvait ainsi obtenir, sans inconvénient aucun, une bonne distribution pour les deux sens de la marche. Cette invention fut rapidement adoptée par tous les fabricants de locomotives, qui y introduisirent des variantes infinies de détails. Ces variantes portaient surtout sur la position des fourchettes par rapport aux boutons avec lesquels elles devaient s'engager à tour de rôle. Ainsi, les uns mettaient les fourchettes des deux barres de chaque machine avec leur ouverture tournée vers le haut, cela, disaient-ils, pour éviter que la rupture de la suspension d'une des barres n'amenât l'engagement simultané des deux fourchettes et une avarie inévitable. Il en résultait qu'une des barres devait s'élever pendant que l'autre s'abaissait, disposition nécessitant des combinaisons cinématiques assez compliquées. On trouvait cet arrangement dans les machines de Bury, de Hawthorn, de Jackson, de Stephenson, du Creusot, etc.

D'autres fabricants mettaient simplement les barres avec les ouvertures des fourchettes en regard, de sorte que les extrémités des deux barres de chaque machine se relevaient et s'abaissaient ensemble; elles étaient, par suite, simplement rattachées chacune par une tringle de suspension à l'extrémité du levier de l'arbre de relevage. On trouve cette disposition dans les machines de Sharp-Roberts, de Pauwels, de Buddicom, etc. A l'occasion de ces deux derniers noms, nous croyons devoir rappeler, d'une part, que le premier eut l'initiative, du moins en France, de placer les tiroirs verticalement entre les cylindres avec leurs tiges dans le même plan horizontal que les tiges de piston, supprimant ainsi les leviers de transmission et faisant agir les fourchettes des barres d'excentriques directement sur les boutons portés par les tiges des tiroirs. D'autre part, nous rappellerons que la distribution à quatre excentriques à fourchettes s'est conservée, jusqu'à il y a peu d'années, sur des locomotives des chemins de fer de l'Ouest, construites à l'origine par Buddicom pour la ligne de Paris à Rouen.

(1) On peut, avec le système à un seul excentrique avec barre à double fourchette, avoir de l'avance dans les deux sens de la marche, en ayant une barre d'excentrique assez courte et un double levier de commande du tiroir assez long, mais les obliquités de la barre deviennent excessives et, dans le cas des locomotives, les oscillations des ressorts de suspension amènent des perturbations dans la distribution. On trouve une explication détaillée de ce fait à la page 114 de la première édition du *Guide du Mécanicien Conducteur de Locomotives*, de Flachat et Petiet, publiée en 1840.

Le système dont nous nous occupons a été quelquefois employé pour les moteurs de navigation : on peut citer comme exemple les machines du navire à hélice, *le Chaptal*, construites, en 1845, par Cavé; ces machines tournaient à 70 tours par minute, et il était nécessaire de leur appliquer un système de changement de marche plus sûr et plus rapide que les dispositifs nécessitant la manœuvre des tiroirs à la main.

L'excentrique unique avec barre à double fourchette en forme d'X a été très employé à une certaine époque pour le changement de marche des machines d'extraction. On a quelquefois modifié ce système en prenant le mouvement initial, non plus sur un excentrique, mais sur une autre pièce de la machine telle que la bielle motrice. Le Creusot a construit, il y a cinquante ou soixante ans, beaucoup de machines d'extraction avec cette disposition, et Hawthorn a appliqué, à la même époque, un arrangement analogue à quelques locomotives.

(A suivre.)

Différences fondamentales de construction entre les moteurs à gaz et les moteurs à vapeur. — La note suivante de M. P. Platinga, publiée dans l'*Engineering News*, renferme des considérations intéressantes sur les différences essentielles qui existent au point de vue de la construction entre les moteurs à gaz et les machines à vapeur.

La construction des moteurs à gaz présente des difficultés spéciales qui ne se rencontrent pas dans celle des machines à vapeur, et il n'est pas inutile de présenter ici quelques observations basées sur l'expérience et qui pourront mettre en garde contre bien des mécomptes. Au premier abord, il semble naturel de prendre pour point de départ de l'étude d'un moteur à gaz la machine à vapeur, et c'est précisément ce que fit Lenoir lorsqu'il construisit son moteur avec cylindre à double effet et distribution par tiroirs; aussi ce moteur n'eut-il qu'un succès pratique des plus médiocres. Otto, au contraire, étudia son moteur dans des idées tout à fait différentes, avec cylindre à simple effet et distribution par soupape, et obtint un succès persistant. Il n'y a là rien d'étonnant, car l'expérience a enseigné depuis longtemps que des conditions de fonctionnement totalement différentes de deux appareils mécaniques exigent des dispositions différentes. C'est en appliquant rigoureusement ce principe que les Américains ont obtenu des résultats si remarquables dans la construction des machines.

La différence essentielle de fonctionnement des deux moteurs dont nous nous occupons consiste en ce que, dans la machine à vapeur, le combustible est brûlé dans un foyer indépendant de la machine, tandis que, dans le moteur à gaz, la combustion se fait dans le cylindre même. Dans le premier cas, les parois du cylindre ne sont en contact qu'avec de la vapeur à une température modérée, laquelle ne peut exercer aucun effet fâcheux. Dans le second cas, au contraire, le cylindre, le piston, les soupapes et leurs sièges se trouvent en contact avec des gaz enflammés ou très chauds. La température de la vapeur varie entre 150 et 350° C., cette dernière température pour la vapeur surchauffée, tandis que celle des gaz peut atteindre 3 000 degrés lors de l'inflammation;

c'est seize fois celle de la vapeur à 150 degrés et près de dix fois celle de la vapeur surchauffée.

De plus, la pression développée brusquement dans le cylindre d'un moteur à gaz peut s'élever à 25 et 30 *kg* par centimètre carré et tomber ensuite presque instantanément à 3.5 *kg*. Ce fait, rapproché de celui que le piston ne reçoit pas une impulsion à chaque tour de volant, accroît la difficulté qu'on éprouve à équilibrer les pièces lourdes animées d'un mouvement alternatif.

L'étanchéité du piston est d'autant moins aisée à obtenir que le diamètre de ce piston est plus grand ; elle a contre elle la température élevée qui règne dans le cylindre et la grande différence des pressions qui existent des deux côtés du piston. Cette difficulté subsiste même avec les pistons refroidis par un courant d'eau, parce que le cylindre et le piston sont refroidis séparément et que leur dilatation n'est pas la même.

Pour des raisons qu'on trouvera plus loin, les matières étrangères peuvent pénétrer dans le cylindre ; aussi la première des conditions à remplir, dans l'étude d'un moteur à gaz, est-elle d'assurer l'accès facile et la surveillance du cylindre dans les moteurs à marche continue.

A cause de la température élevée, on ne peut employer de distributeurs à glissement pour les grands moteurs à gaz : ils ne seraient pas étanches ; on se sert généralement de soupapes. Si celles-ci ne sont pas refroidies par une circulation d'eau, elles peuvent rougir et la faible étendue de la surface annulaire en contact avec les sièges à circulation d'eau ne suffit pas à les refroidir pendant la très courte durée du contact. On a essayé divers moyens pour rafraîchir les soupapes ; tous présentent des inconvénients ; la machine devient plus compliquée et les fuites d'eau qui se produisent sont gênantes. La difficulté de démonter et de remonter rapidement ces soupapes après les avoir nettoyées et rodées est accrue dans une large mesure. Cette question de refroidissement des soupapes des moteurs à gaz est une des plus délicates dans la construction de ces moteurs.

On a quelquefois employé des soupapes doubles, mais on y a renoncé à cause de la complication, de l'augmentation des espaces nuisibles, des fuites et du travail de rodage, le tout se traduisant par des frais de construction et d'entretien plus élevés.

Dans les machines à vapeur surchauffée on a de la peine à maintenir les presse-étoupes étanches, mais cette difficulté est énormément plus grande avec les moteurs à gaz où la température est dix fois plus élevée ; aussi doit-on éviter l'emploi des presse-étoupes et, en tout cas, en réduire le nombre au minimum, surtout si on considère qu'ils rendent l'accès intérieur du cylindre plus difficile et plus long.

Alors qu'on cherche à protéger le cylindre d'une machine à vapeur contre le refroidissement extérieur, il est très important, au contraire, de rafraîchir d'une manière efficace celui d'un moteur à gaz ; cet effet doit être produit par un mode de construction étudié de manière à éviter la production de fissures par suite de dilatations inégales, ces fissures étant doublement dangereuses dans ce genre de moteurs.

La vapeur peut être considérée comme un agent moteur propre ; les

gaz de gazogènes, au contraire, amènent dans les cylindres des matières solides et, même avec les meilleures méthodes d'épuration, on doit craindre des arrêts éventuels ou même des avaries des appareils d'épuration, surtout si les moteurs fonctionnent d'une manière continue. C'est une raison de plus pour que les moteurs soient disposés de façon qu'on puisse examiner et nettoyer les cylindres facilement. En dehors des poussières, on peut avoir affaire à des résidus d'huile provenant d'une combustion incomplète, de même que l'emploi des gaz pauvres peut amener l'encrassement des cylindres et, par suite, des fuites aux pistons et aux soupapes.

On doit chercher à éviter, dans la construction des moteurs à gaz, des espaces neutres excessifs et des volumes exagérés des boîtes à soupapes; on doit s'appliquer à ce que la chambre de combustion soit balayée avec de l'air frais après chaque course utile; il faut aussi donner à l'espace où s'opère la compression au cylindre la forme la plus simple qui est la forme cylindrique.

On peut formuler comme suit les conditions essentielles à réaliser dans un moteur à gaz bien étudié :

1° Toutes les parties, et surtout le cylindre, doivent être facilement accessibles et démontables. Les bons constructeurs de moteurs à gaz considèrent cette condition comme plus importante qu'une légère réduction dans la consommation du combustible par unité de puissance;

2° Comme suite à ce qui précède, la disposition générale du moteur doit être aussi simple que possible et le nombre des pièces, notamment des soupapes et des presse-étoupes, doit être réduit au minimum;

3° Tout excès de volume dans la chambre de combustion et dans les parties avoisinantes est nuisible et doit être évité;

4° Le moteur doit être disposé de telle sorte que le cylindre puisse être balayé par un courant d'air frais après chaque course utile;

5° Les pièces animées d'un mouvement alternatif doivent être équilibrées le plus complètement possible.

Ces quelques observations, qui laissent de côté les différences secondaires portant sur la distribution des efforts et d'autres points, suffisent pour faire voir les différences radicales qui existent entre la construction des moteurs à gaz et celle des machines à vapeur. Il est bon d'ajouter que, pour ce qui est des pièces du mécanisme proprement dit, les fabricants de moteurs à gaz peuvent s'inspirer utilement de l'expérience acquise dans la construction des machines à vapeur.

Pont en maçonnerie sur l'Adda. — Nous trouvons dans les *Annali della Societa degli Ingegneri e degli Architetti Italiani* les détails suivants sur un ouvrage d'art intéressant.

La Société des Chemins de fer Méridionaux construit, pour une déviation de la ligne Colico-Sondrio, près de Morbegno, un pont en maçonnerie de 70 *m* d'ouverture, qui a été décintré avec plein succès ces jours derniers.

L'ouvrage, par ses proportions et par quelques particularités dans la construction, présente un grand intérêt pour les Ingénieurs; aussi croyons-nous devoir entrer dans quelques détails à son sujet.

Pour soustraire la ligne Colico-Sondrio aux fréquentes interruptions d'exploitation causées par les alluvions du torrent Tartano, on a décidé d'abandonner le tracé existant sur la rive gauche de l'Adda, à la base du grand cône de déjection du torrent susmentionné et de construire une autre ligne sur la rive droite du fleuve, ce qui a nécessité la construction d'un pont sur ce fleuve.

Comme les crues de l'Adda sont, à cet endroit, subites et très fortes, il était nécessaire que le nouvel ouvrage fût établi avec une travée unique et de grande portée pour ne pas encombrer le lit; on avait, par suite, prévu un pont métallique de 64 *m* de portée.

Mais des études ultérieures firent reconnaître qu'on pouvait employer comme solution une arche en maçonnerie qui présenterait certains avantages au point de vue notamment du délai de construction, de la durée indéfinie de l'ouvrage et enfin de l'augmentation des charges qu'on pourrait lui imposer plus tard sans nécessité de consolidation.

Ajoutons que la nature du sol, roche sur la rive droite et terrain d'alluvion solide sur la gauche, donnait toute sécurité pour les fondations d'une grande arche en maçonnerie; de plus, on trouvait sur place du granit de très bonne qualité, condition qui, au point de vue économique, justifiait le choix du type de l'ouvrage.

Quant à la portée adoptée, on avait des précédents nombreux, tant en Italie qu'à l'étranger ; on peut citer entre autres :

Le pont pour chemin de fer sur la Marne à Nogent, ligne de Paris à Mulhouse, de 50 *m* d'ouverture, construit en 1856;

Le pont pour route de Munderkingen, dans le Wurtemberg, de 50 *m* d'ouverture, construit en 1894;

Le pont pour route de Claix, en France, de 52 *m*, construit en 1875;

Le pont pour route d'Annibal sur le Volturne, de 55 *m*, construit en 1870;

Le pont pour route du Diable, sur la Sale, de 55 *m*, construit en 1872;

Le pont de chemin de fer de Ballochingle, en Écosse, ligne de Carlisle à Glasgow, de 55,17 *m*, construit en 1847 ;

Le pont pour route de Chester, en Angleterre, de 60,96 *m*, construit en 1834;

Le pont de chemin de fer de Lavaur, ligne de Montauban à Castres, en France, de 61,50 *m*, construit en 1854;

Le pont de chemin de fer de Jaremcze, ligne de Stanislau-Woronicka, en Hongrie, de 65 *m*, construit en 1893;

L'acqueduc de Washington aux États-Unis, de 67,10 *m*, construit en 1862;

Le pont historique pour route de Trezzo, sur l'Adda, de 72,25 *m* d'ouverture, construit de 1370 à 1377 et détruit, pour cause de guerre, en 1416;

A quoi il faudrait ajouter le pont récemment construit à Luxembourg et dont l'arche a 84,65 *m* d'ouverture; c'est la plus grande qui existe.

Le pont sur l'Adda a une portée de 70 *m*, avec une flèche de 10 *m*. La clé de l'intrados est à 3,70 *m* au-dessus du niveau des plus hautes eaux des crues, qui est à la cote de 256,50 *m*. Le niveau des rails sur le pont est disposé horizontalement à la cote 262,76 sur une longueur de 136 *m*

et est raccordé avec le palier existant vers Colico par une rampe de 17 0/00 d'une longueur de 477,64 *m*.

L'intrados de la voûte formé suivant une courbe à trois centres et l'extrados ont été tracés de manière à contenir, d'une manière sensiblement symétrique, la courbe des pressions correspondant à la charge permanente.

La largeur du pont à la hauteur de la voie est de 5 *m*. Les faces ont un fruit de 0,05 *m* par mètre de hauteur, de sorte que la largeur de la voûte à la clé de l'intrados est de 5,26 *m*, et aux naissances de 6,26 *m*. La voûte a 1,50 *m* d'épaisseur à la clé et 2,20 *m* aux naissances. Sur les reins de l'arc, au lieu de tympans, s'élèvent des piles portant des arcs en plein cintre de 4,50 *m* d'ouverture chacun.

La grande arche du pont a été faite en voussoirs de granit travaillés sur toutes les faces. Les piles des arches secondaires sont en maçonnerie brute, et les parties de ces arches comprises entre les faces, en béton de ciment. Cette arche repose, sur la rive droite, directement sur la roche naturelle et sur la rive gauche sur une robuste culée construite en béton de ciment et fondée sur 5 *m* de largeur du côté du fleuve à 9,30 *m* au-dessous du niveau des basses eaux et, pour le reste de la largeur, de 15 *m*, avec un plan incliné à partir de la cote 242,70 jusqu'à celle de 244,40 du côté de la terre.

Au voisinage des naissances, et à la clé, on avait prévu l'emploi d'articulations en fer avec pivots en acier. Ces articulations permettaient aux deux portions de l'arche de tourner autour des pivots lors de l'affaissement qui se produit nécessairement lors du décintrement. Par leur action, la courbe des pressions est obligée de passer par la partie centrale de l'arche, et on peut assigner à celle-ci une moindre épaisseur que celle qui serait nécessaire sans l'emploi des articulations. Ces articulations devaient agir jusqu'à l'achèvement de l'ouvrage, y compris le remblaiement sur la voûte. Mais on a craint que les mouvements dus aux variations de la température ne produisissent des dislocations de quelques parties de la maçonnerie, et on a décidé d'établir les articulations d'une autre manière, leur permettant de fonctionner d'une façon permanente. D'après cela, les calculs de résistance de l'arche ont été établis sur l'hypothèse que la voûte est articulée sous la charge permanente et encastrée sous la charge mobile, et on additionnait les efforts maxima dus à la charge permanente et à la charge mobile.

L'arche n'est soumise à la traction dans aucun de ses points et la pression maxima ne dépasse pas 56 *kg* par centimètre carré, ce qui est inférieur au dixième de l'effort de rupture de la maçonnerie de granit, la pierre dont elle est composée ayant, d'après les expériences faites au laboratoire de la direction des travaux à Ancône, une résistance moyenne de 1 100 *kg* par centimètre carré.

Les calculs de résistance de la culée du côté de Colico montrent que la pression maximum exercée par la maçonnerie sur le sol de la fondation, avec la voûte entièrement chargée, est d'environ 6 *kg* par centimètre carré.

Pour les cintres, on a cherché à réaliser la plus grande rigidité possible, et on a adopté la disposition la mieux appropriée pour soutenir

la voûte avec toute l'uniformité désirable. Celle-ci a été faite en anneaux successifs, de manière à charger les cintres d'une façon graduée et uniforme.

Pour la grande arche, on a employé du mortier fait avec du ciment de Portland de qualité supérieure, dans la proportion de 600 *kg* de ciment par mètre cube de sable. Pour la culée du côté de Colico et pour les arches secondaires des tympans, le béton a été fait avec du ciment de Portland normal dans la proportion de 200 *kg* pour la culée et de 300 *kg* pour les arches avec 0,50 m^3 de sable et 0,85 m^3 de pierres cassées. Le reste de la maçonnerie a été fait avec du mortier de chaux hydraulique.

Les travaux ont commencé en février 1902. Pour transporter à pied d'œuvre les matériaux employés dans la construction, et pour transporter les déblais provenant de l'exécution d'un souterrain situé près du pont et faisant partie de la dérivation, l'entreprise Carlo Bregani avait fait installer un système de transporteur aérien du type Blondin.

Les chemins de fer vicinaux en Belgique. — Pendant l'année dernière, le capital collectif des lignes créées par la Société nationale des Chemins de fer Vicinaux, fondée, comme on sait, sous les auspices du Gouvernement belge, pour la construction et l'exploitation des chemins de fer secondaires en Belgique, s'est élevé de 138 775 000 *f* à 155 907 000 *f*; la longueur totale des lignes concédées de 2 610 *km* à 2 846 *km*; la longueur totale des lignes exploitées de 1 930 *km* à 2 080 *km*, et les recettes brutes de 11 026 089 *f* à 11 566 660 *f*.

On voit par ces chiffres, qu'alors que le capital, les longueurs concédées et exploitées suivaient d'une manière générale l'accroissement progressif qui a marqué les opérations de la Société pour ainsi dire depuis sa fondation en 1885, les recettes, si elles ont présenté un accroissement réel, n'ont pas suivi la progression générale, ce qui est d'autant plus à remarquer que les années 1900 et 1901 avaient présenté une augmentation marquée. On indiquera plus loin les causes de cet arrêt dans la progression.

Au commencement de l'année dernière, les 110 lignes concédées à la Société Nationale avaient une longueur collective de 2 609 *km*, alors que, dans le courant de la même année et les trois premiers mois de celle-ci, la concession de 237 *km* de plus en lignes nouvelles ou extensions a porté le nombre des lignes à 122, et leur longueur totale à 2 846,5 *km*. Ce total comprend une ligne à double voie mesurant 3,34 *km* entre la station de Baudour de l'État et des usines et des dépôts de phosphates, ce qui, par parenthèse, donne un exemple de l'utilité de ces lignes secondaires lorsque le puissant appui de la Société est mis en œuvre pour assurer le développement des entreprises industrielles.

Sur le total indiqué plus haut, 106 lignes, d'une longueur collective de 2 415,4 *km*, sont à la voie de 1 *m*, 12 de 403,8 *km* de développement à la voie hollandaise de 1 067 *m* et 4 de 27,3 *km* à la voie normale.

Sur les 101 lignes en exploitation, toutes ont la traction opérée par locomotion à vapeur, à l'exception d'une à traction animale et des cinq suivantes à traction électrique : Bruxelles à la Petite-Espinette, 11,55 *km*, lignes du Centre (la Louvière), 20,4 *km*; Charleroi et environs, 23,8 *km*;

Liège, Tilleur, Grâce-Berleur et Rocourt, 16,2 *km*, et Gand à Meirelbéke, 7,4 *km*, formant un total de 79,35 *km*.

Le total de 2846,5 *km*, représentant la longueur des lignes actuellement concédées à la Société Nationale par le Gouvernement, comprend les 2158,4 *km* actuellement en exploitation, 421,6 *km* en construction et 261,9 à construire dans un délai rapproché. De plus, le Gouvernement a pris en considération la concession éventuelle de 113 lignes ou parties de lignes, mesurant ensemble 1 991 *km*, ce qui, avec cinq projets de nouvelles lignes, pour lesquelles la prise en considération a été demandée, donne un total général de 240 lignes, d'une longueur totale de 4926,4 *km*.

Si on ajoute à ce chiffre les huit lignes secondaires appartenant à des compagnies indépendantes de la Société Nationale, on trouverait que la Belgique possède 130 lignes de chemins de fer secondaires, d'une longueur totale de 2 921 *km*, soit les 64 centièmes de la longueur des lignes à voie normale du pays, longueur qui est de 4 569 *km*.

Parmi les lignes prises en considération par le Gouvernement, se trouve celle de la Louvière à Estiennes-au-Val, dans la province de Hainaut ; les autorités locales ont demandé à fusionner cette ligne avec celle de Binche à Bracquegnies, qui est ouverte en partie au trafic, pour pouvoir employer la traction électrique entre Binche et la Louvière. Après étude approfondie de la question, la Société a été d'avis d'autoriser la fusion demandée, mais de conserver la traction par locomotive à vapeur jusqu'à ce que le trafic justifiât l'emploi de la traction électrique.

Sur la longueur totale en exploitation, la plus grande partie a été établie sur les routes ordinaires sans élargissement, et seulement une très faible proportion sur routes élargies ou sur terrain spécial. Il n'y a pas moins de 97 points de jonction (non pas de raccordement, vu la différence d'écartement des rails) (1) avec d'autres chemins de fer, dont 83 avec les lignes de l'État ; il y a 255 voies de raccordement, dont 174 avec des usines et 80 avec des fermes.

Le matériel roulant comprend 408 locomotives, 1 068 voitures à voyageurs, 244 fourgons à bagages et 3 306 wagons de divers genres, le tout évalué à 22 277 271 *f*. On trouve les proportions de : une locomotive pour 5432 *km*, une voiture à voyageurs pour 2 075 *km*, et un wagon à marchandises pour 0,634 *km*. Le matériel pour traction électrique se compose de 110 voitures électromotrices, 91 voitures de remorque fermées et 21 ouvertes, évaluées, avec 4 wagons de 10 *t*, à 2 204 724 *f*. Ces chiffres correspondent à une voiture motrice pour 0,794 *km*, et une voiture de remorque pour 0,78 *km*. Comme le trafic a augmenté et réclame un accroissement de matériel sur les lignes à traction électrique, on a commandé de nouvelles voitures.

Une proposition a été faite par la Société Intercommunale Belge d'Électricité pour la fourniture de courant alternatif à haute tension,

(1) Pour éviter des dépenses et des pertes de temps pour le transbordement des marchandises aux points de rencontre, les wagons de la voie normale peuvent maintenant être transportés sur les lignes à voie étroite, par le moyen de trucks transbordeurs Langbein ou de trucks à traction électrique système Leroy et Dulait.

devant être transformé en courant à basse tension, pour alimenter des conducteurs aériens, la Société Nationale des Chemins de fer Vicinaux ne se souciant pas d'établir une station centrale ; les frais de premier établissement des lignes du Borinage ou du Couchant-de-Mons pourraient ainsi être réduits dans une large mesure. Il serait ainsi possible d'appliquer la traction électrique à un réseau d'environ 130 *km* autour de Mons. Si cet arrangement aboutit, la population de ce district pourra avoir à sa disposition, non seulement la traction, mais encore la force et la lumière dans des conditions très avantageuses.

Pour un parcours de 12 871 482 *km*, effectué l'année dernière, il y a eu 45 accidents, dont 7 arrivés à des voyageurs, causés principalement par la montée ou la descente en marche, 2 à des employés de la Compagnie et le reste à des personnes étrangères, et généralement par suite de leur imprudence. La proportion des accidents, par million de kilomètres parcourus, est descendue de 4,14 en 1898 à 3,5 l'année dernière.

Les recettes totales pour toutes les lignes et de toute provenance du dernier exercice s'élèvent à 11 566 659 *f* et les dépenses à 7 889 941 *f*, ce qui donne un coefficient d'exploitation moyen de 68,21 0/0, contre 67,17 pour 1901. Pour 30 lignes, il y a augmentation des recettes, et pour 50, diminution, ce qu'on peut attribuer, pour les voyageurs, au mauvais temps prolongé et, pour les marchandises, à différentes causes, dont la principale est la stagnation des affaires.

Depuis sa fondation, en 1885, la Société Nationale a dépensé 103 640 223 *f* en travaux et matériel. Sur les lignes ouvertes à l'exploitation à la fin de l'année dernière, 24 donnent de meilleurs résultats que l'année précédente, dont 23 donnent un produit net supérieur, et 3, qui avaient des insuffisances d'exploitation, ont actuellement un produit net. Du reste, la Société a institué deux fonds de réserve, l'un spécial, l'autre général, pour parer aux déficits d'exploitation ; le premier se monte à 1 344 200 *f* et le second à 2 011 750 *f*.

Parmi les lignes en exploitation depuis plus d'un an, 41 ont un produit net supérieur à la garantie : 7 un de 3 0/0, 13 un de 2 1/2 et 9 un de plus de 2 0/0. Nous avons trouvé les renseignements qui précèdent dans le *Journal of the Society of Arts*.

Pose de conduites d'eau dans des rivières. — La pose de conduites dans le lit de cours d'eau est aujourd'hui une opération courante ; il nous paraît, toutefois, intéressant d'indiquer un mode de pose très original, dont nous trouvons la description dans des journaux américains.

Il s'agissait de la pose d'une conduite en tôle d'acier de 1,83 *m* de diamètre formant une partie de l'alimentation d'eau de Jersey City dans le lit des rivières Hackensack, près de Garfield et Passaic à Lyndhurst. L'opération a été faite par la Compagnie Gillespie, de New York, d'après la méthode employée dès 1895, par M. Clemens Herschel, pour la pose de sept lignes de tuyaux de 0,40 *m* de diamètre au fond du Passaic, à Belleville, pour l'alimentation provisoire de Jersey City. Cet Ingénieur, avait à cette époque, proposé d'employer la même méthode pour des conduites allant jusqu'à 1,83 *m* de diamètre.

La conduite qui traverse la rivière Hackensack repose sous 13,50 *m* d'eau, la partie qui traverse le Passaic est à 8,50 *m* de profondeur; elle a 172,50 *m* de longueur. Ces tuyaux sont en tôle d'acier de 16 1/2 *mm* d'épaisseur assemblée à un seul rang de rivets pour les joints circulaires et à double rang pour les joints longitudinaux. Cinq longueurs sont réunies pour faire des portées de 9,6, et ces dernières sont elles-mêmes assemblées sur le bord de la rivière pour être ensuite immergées.

A Lyndhurst et à Garfield, on a employé une modification intéressante à la méthode primitive de pose. On a rendu les conduites rigides en enveloppant les tuyaux en tôle d'acier d'une enveloppe de béton et de mortier. A cet effet, on fabriquait des anneaux de béton de 1,525 *m* de longueur, avec un diamètre intérieur de 1,95 *m* et une épaisseur de 0,15 *m*. On les passait autour de la conduite en acier et on remplissait l'intervalle avec du mortier liquide introduit par des trous ménagés dans ce but. L'emploi de cette enveloppe avait plusieurs avantages : celui de protéger le métal, celui de donner du poids au système pour l'empêcher de flotter, et enfin, il prévenait l'écrasement dans le cas où la conduite ne contiendrait pas d'eau.

A Belleville où on n'avait pas encore employé cette méthode, on lestait la conduite avec des anneaux en fonte placés sur les collerettes de joints.

Une objection qu'on fait immédiatement à l'usage de ces enveloppes de béton fait à Lyndhurst et à Garfield, est qu'il supprime la flexibilité particulière aux tuyaux en tôle d'acier et qu'on a considérée jusqu'ici comme utile et même nécessaire pour ce genre de travaux. En fait, on pouvait craindre que le défaut de flexibilité n'amenât des ruptures lors de la mise en place des conduites.

Il paraît qu'il n'en a rien été, car la pose de la conduite, à Garfield, au fond de la rivière Hackensack, a eu lieu sans accident aucun, le 4 mars dernier, sous la direction de M. Herschel, et la conduite est actuellement achevée.

La navigation du Haut-Rhin. — Nous trouvons dans les journaux suisses, les intéressants détails qui suivent, sur un essai de navigation à vapeur entre Strasbourg et Bâle.

Un bateau à vapeur est ancré au pied de la terrasse de l'Hôtel des Trois Rois, à Bâle. Il y a soixante ans que pareille chose ne s'était vue. Aussi la curiosité publique est-elle excitée au plus haut point. Les ponts et les quais sont encombrés d'une foule accourue pour voir de ses yeux le phénomène.

Il s'agit, en effet, de la solution pratique d'une question du plus haut intérêt économique pour la ville de Bâle, celle de la navigabilité du cours du Rhin entre Strasbourg et la frontière suisse. En théorie, la question a été résolue affirmativement par l'Ingénieur Rudolf Gelpke, dans un ouvrage très sérieux. Restait à faire passer la théorie dans la pratique et à conduire un vapeur d'un tonnage un peu important, de Strasbourg à Bâle, avec le seul secours de sa machine.

Cette expérience a été préparée avec beaucoup de soin et vient d'être faite avec plein succès. Un vapeur à hélice de 135 *ch*, le *Justitia*, a été

frété spécialement en vue du parcours en question, et son installation adaptée au but à poursuivre. Le départ fut fixé au samedi 22 août.

Au jour dit, à midi, le *Justitia* franchissait l'écluse du canal de Strasbourg et tournait sa proue contre le courant dont on connaît la violence à cet endroit. A 7 heures du soir, le vapeur jetait l'ancre à Rheinau au-dessus du pont. Dimanche matin, à 8 heures, le voyage était repris, et à 3 heures après-midi le pont de Neu-Brisach était atteint sans incident. Le *Justitia* vint s'ancrer en amont du pont du chemin de fer, afin de pouvoir repartir le lendemain matin à 5 heures sans perdre de temps.

La partie du fleuve entre Neu-Brisach et Neuenburg est un des passages les plus difficiles du parcours, à cause de la violence énorme du courant. Néanmoins Neuenburg fut atteint dès avant midi. Des deux rives du Rhin, une immense multitude suivait les progrès du bateau et le saluait au passage de hourras frénétiques.

De Neuenburg à Bâle le trajet ne présenta plus de difficultés et s'accomplit rapidement. Le *Justitia* naviguait entre deux haies de spectateurs enthousiastes, véritable marche triomphale. A 6 heures, le but du voyage était atteint, et le vapeur jetait l'ancre du côté du Grand-Bâle, l'eau manquant de profondeur sur l'autre rive.

Cette expédition, qui peut être grosse de conséquences pratiques, a été conduite par le capitaine G. Bossmann, avec son frère pour pilote. En sus de quelques hommes d'équipage soigneusement choisis, se trouvaient à bord MM. J. Walke, Emil Ziegler, Gelpke, Ingénieur, Fragond, Ingénieur, représentant de la maison Escher Wyss et C^ie^, Giovettino Rasca, Ingénieur, de Lugano, D^r^ Graeter, de Bâle, et Langen, Ingénieur, de Duisbourg.

La *Justitia* a les dimensions ordinaires des remorqueurs du Main et du Neckar; il a 23 *m* de longueur et 5,55 *m* de largeur.

Le vapeur *Justitia* est reparti de Bâle le mercredi 25 août, à 10 heures du matin; il a descendu le fleuve d'autant plus facilement que le niveau de l'eau avait baissé de 0,60 *m*; le passage des ponts n'a plus offert de difficultés; à 5 heures, le *Justitia* jetait l'ancre à Strasbourg, ayant fourni la preuve que le Rhin est navigable entre Strasbourg et Bâle.

On pense que la Compagnie qui a fait cet essai se mettra promptement à l'œuvre et va chercher à mettre Bâle au nombre des villes qui, pour le transport des marchandises, sont reliées directement à la mer.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Aout 1903.

Rapport de M. Lafosse sur les **comptes de l'exercice 1902.**

Rapport de M. Ed. Simon, au nom des censeurs sur les **comptes de l'année 1902.**

Le reboisement des montagnes, conférence faite le 19 décembre 1902 par M. Kuss, Inspecteur des eaux et forêts.

L'auteur rappelle d'abord l'aide puissante que le reboisement, en luttant contre les torrents qui sont un obstacle des plus sérieux à l'utilisation des chutes d'eau, fournit à l'industrie. Cette question du reboisement préoccupe à juste titre l'opinion. On sait que la loi actuellement en vigueur sur la matière divise, dans les pays de montagnes où elle est applicable, les terrains en deux catégories :

1° Ceux qui, par leur instabilité, sont la cause de dangers nés et actuels, et que l'État doit acquérir pour y exécuter des travaux d'utilité publique ;

2° Ceux qui contribuent d'une façon quelconque à augmenter la vitesse et l'intensité des crues et pour lesquels les propriétaires qui y font exécuter des travaux de restauration reçoivent des subventions de l'État.

Les dégâts causés par les inondations peuvent se ramener à deux causes principales :

1° Une irruption soudaine des eaux hors de leur lit naturel ;

2° Le transport en masse de boues et de pierres qui, par la violence de leur choc, détruisent les habitations, entraînent et submergent les personnes, les bestiaux et les objets mobiliers, et ensevelissent sous des amas de détritus, les cultures, les routes et les voies ferrées.

Les forêts exercent une action prépondérante pour s'opposer au rassemblement trop rapide des eaux en arrêtant par les cimes, les feuilles et les troncs, une partie de l'eau qui n'arrive que peu à peu au sol.

L'auteur fait une étude rapide des travaux confiés entièrement à l'État sur tous les terrains constituant un danger né et actuel, et entre dans des détails d'un grand intérêt sur certains de ces travaux en donnant des photographies exécutées par les agents des eaux et forêts ; il s'agit notamment de travaux de construction, de reboisement et de consolidation de terrains en montagnes.

Les alliages de cuivre et de magnésium, par M. O. Boudouard.

Cette note comprend l'étude de la fusibilité des alliages de cuivre et de magnésium, celle des propriétés physiques et mécaniques de ces mêmes alliages, leur étude microscopique et les combinaisons définies formées par le cuivre et le magnésium.

Nouvelles recherches sur les aciers au nickel, par M. Léon Guillet.

Cette étude a pour objet de traiter quelques points nouveaux abordés par l'auteur dans une précédente note sur le même sujet; l'auteur y établit, pour les aciers au nickel, un diagramme extrêmement simple, qui n'est en quelque sorte que la traduction des expériences qu'il a faites et qui divise le plan en trois parties auxquelles correspondent des aciers ayant des propriétés particulières avec deux zones secondaires qui constituent en quelque sorte les termes de passage d'une catégorie d'aciers à la voisine.

Expériences sur le travail des machines-outils, par M. Godron *(suite)*.

Cette partie traite des appareils pour les essais de forage, appareils permettant de déterminer la pression P dans le sens de l'axe de l'outil et le moment tournant M_r qui l'actionne.

Notes de mécanique. — Nous citerons, dans ces notes, une étude sur les bateaux-turbines, d'après M. C.-A. Parsons; la description du chargeur de hauts fourneaux Rust, de la manutention des minerais aux forges de Lackawanna, des installations de condenseurs pour stations centrales d'électricité, une note sur la surchauffe, de M. A. Petot, et une sur le frottement du fer sur bois.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Aout 1903.

District de Paris.

Réunion du 14 mai 1903.

Communication de MM. P. Weiss et Villain sur le **bassin de Sarrebruck et son prolongement possible en France.**

M. Weiss fait la description du bassin de Sarrebruck, dont la plus grande partie appartient au fisc prussien et dont la production annuelle, laquelle est en voie de progression continue, dépasse actuellement 10 millions de tonnes.

La configuration de ce bassin et ses conditions géologiques semblent indiquer qu'il y a peu de chances de rencontrer la houille à des profondeurs exploitables au sud de Sarrebruck. Les richesses houillères de la Sarre sont énormes, puisqu'on estime que les mines fiscales ont des réserves pour plus de mille années, et cette richesse colossale rendrait particulièrement désirable la découverte du prolongement de ce bassin en France; mais on ne pourrait le trouver vraisemblablement qu'à une grande profondeur.

M. Villain est d'avis que, malgré cet inconvénient, il n'est pas déraisonnable de chercher à créer une industrie de charbonnages dans l'Est

de la France, et que la découverte de la houille, même à des profondeurs supérieures à 1 000 *m*, serait un événement capital pour le développement de l'industrie sidérurgique en Meurthe-et-Moselle.

Ces communications ont été suivies d'une discussion très développée, où des opinions diverses ont été émises sur la possibilité de trouver la houille, mais où tout le monde s'est trouvé d'accord pour reconnaître que le bassin métallurgique de l'Est deviendrait un des premiers du monde si la houille y était découverte.

Production houillère du Pas-de-Calais et du Nord, du premier semestre de 1903, comparée au semestre correspondant de 1902.

Le bassin du Pas-de-Calais a produit, en 1903, 8 182 400 *t*, soit 765 500 de plus qu'en 1902. Le bassin de Courrières a produit, à lui seul, 1 083 000 *t*, celui de Lens 1587 000, et celui de Bruay 1 050 000, soit, à eux trois, les 46 0/0 du total.

Le bassin du Nord a produit 3 101 000 *t*, soit 960 000 *t* de plus que l'année précédente; les mines d'Anzin figurent dans ce chiffre pour 1 531 000 *t*, soit la moitié. Les deux bassins ont donné 11 283 000 *t*, soit 950 000 *t* de plus que l'année précédente.

Les deux bassins ont produit en 1903 (premier semestre) 763 000 *t* de coke, soit 72 000 *t* de plus que le semestre correspondant de l'année précédente, et 425 000 *t* d'agglomérés ou 3 000 *t* de moins que l'année précédente.

Production houillère de la Loire, du premier semestre de 1903.

La production houillère de la Loire a atteint, dans le premier semestre de 1903, le chiffre de 1 848 000 *t*, soit 98 000 *t* de plus que l'année précédente; le bassin de Roche-la-Molière et Firminy figure dans le total pour 425 000 *t*, celui de Montrambert et la Béraudière pour 350 000, les Mines de la Loire pour 357 000 et les Houillères de Saint-Étienne pour 277 000 *t*.

La production des agglomérés a été de 101 000 *t*, soit 9 500 *t* de plus qu'en 1902, et celle des cokes de 40 000 *t*, en augmentation de 8 000 *t* sur 1902.

Production houillère de l'arrondissement de Chalon-sur-Saône.

Le premier semestre de 1903 a produit 889 000 *t* de houille, soit 60 000 *t* de plus que le semestre correspondant de 1902. Sur ce total, les mines de Blanzy figurent pour 712 000 *t*, soit 80 0/0.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

IIe SECTION

Leçons sur les moteurs d'automobiles et les applications industrielles de l'alcool au chauffage, à l'éclairage et à la force motrice, par M. L. Marchis, professeur adjoint de physique à la Faculté des Sciences de Bordeaux (1).

Cet ouvrage reproduit un cours fait à la Faculté des Sciences de Bordeaux en 1902-1903. On pourrait donc croire *a priori* qu'il est fait exclusivement au point de vue théorique, et que la partie pratique n'y figure qu'au second plan. On a une agréable surprise en constatant à sa lecture que, si la première y est traitée avec toute l'ampleur que comporte la personnalité scientifique qui en est l'auteur, la seconde y tient une place remarquable, dont on se rendra compte par la courte analyse que nous allons en faire.

Le livre débute par un historique très documenté sur la naissance et le développement de l'industrie automobile. Après l'avoir prise à son début, avec Cugnot, il suit toutes ses phases, d'abord avec les voitures à vapeur en Angleterre, puis en France, avec les Bollée, de Dion et Bouton, Le Blant, Scott, Serpollet ; la voiture à pétrole ou à alcool est ensuite suivie dans ses modifications, depuis Lenoir jusqu'aux monstres de nos courses de vitesse actuelles, et enfin les voitures électriques. Cette partie historique est terminée par l'examen de l'application des moteurs d'automobile aux ballons.

L'auteur prend alors à part les sources d'énergie qui ont donné à l'automobile tout son développement : le pétrole, puis ensuite l'alcool, dont il étudie les gisements et la fabrication, avec une partie chimique très développée.

Il arrive ensuite à un examen des moteurs à explosion, dont il donne d'abord la théorie, avec des diagrammes et leurs enseignements; les quatre phases sont étudiées en détail ; puis les accessoires, réservoirs et carburateurs, et l'allumage.

Ensuite vient un chapitre très intéressant qui comprend les applications les plus récentes (telles que le bouclage de la boucle) de l'équilibrage des moteurs et en particulier les moteurs à explosion.

Enfin le moteur à alcool est l'objet d'un chapitre particulier, et l'ouvrage se termine par des documents sur l'éclairage à l'alcool et la composition des essences de pétrole employées en automobilisme.

Dans le cours de l'ouvrage sont étudiées successivement toutes les parties des automobiles les plus connues, ainsi que tous les appareils ou organes spéciaux à chaque constructeur.

(1) In-4°, lithographié, avec 217 fig. Paris, Vve Ch. Dunod, 1903. Prix : 16 *f.*

L'ensemble forme donc un tout extrêmement complet et documenté sur tout ce qui est automobilisme ancien et récent, et sera consulté avec fruit par tous ceux qui s'intéressent à cette question qui a pris une place si importante dans l'industrie française.

A. de Gennes.

IVe SECTION

Le froid artificiel (1), par J. de Loverdo.

Quelques années ont suffi au *froid* produit artificiellement, pour conquérir une place prépondérante dans l'économie industrielle et commerciale des plus grandes nations. Les industries qui écoulent leurs produits dans l'alimentation n'ont peut-être pas su tirer, en France, tout le parti possible du froid artificiel, et M. de Loverdo, qui est directeur d'une importante Société lyonnaise d'alimentation, a pensé qu'il était nécessaire de rassembler tous les éléments de la question.

Son travail porte d'abord sur un exposé théorique indispensable pour la facile et complète compréhension des méthodes et procédés de production du froid artificiel ; il a cherché, en homme pratique, à faire un livre facile à lire pour tous, et, à ce point de vue, il a donné, tout juste, la dose de théorie nécessaire.

La partie qui suit cet exposé préliminaire traite des procédés de production industrielle du froid ; les descriptions y sont très détaillées, sans être confuses, mais les détails pratiques abondent avec les explications motivées sur les dispositifs adoptés.

Les résultats d'expérience y sont donnés et commentés avec une grande précision.

Les nombreuses missions, qui ont été confiées à l'auteur, par le Ministère de l'Agriculture, lui ont permis de se documenter sûrement et de se rendre compte du grand développement pris, à l'étranger, par l'industrie du froid. Il a récolté, dans ses voyages, toute une série de détails de construction, qu'il a su noter avec grande netteté et qu'il décrit avec beaucoup d'à propos. Il y a, en particulier, une étude sur les isolants thermiques, qui pourra, utilement, être consultée par les Ingénieurs qui, dans un autre ordre d'idées, ont à empêcher la déperdition de la chaleur.

L'auteur a aussi voulu mettre les choses au point et ne pas donner des espérances exagérées sur la conservation indéfinie, sans nuire à la qualité des produits, et la bonne moitié de son ouvrage traite des applications rationnelles du froid à l'alimentation. Cette partie de son travail est particulièrement traitée avec une compétence spéciale, en raison de son expérience professionnelle.

On y trouve une série de statistiques qui devraient être consultées au plus grand profit de nos producteurs français. Ils y verraient, en particulier, que, pour avoir négligé les soins à donner aux denrées alimentaires au cours des transports, la France a cessé d'être le premier

1) In-8°, 255 × 165, de VII-652 p. avec 156 fig. Paris, Vve Ch. Dunod. 1903. Prix : broché, 12,50 *f*.

fournisseur de l'Angleterre pour un très grand nombre de produits d'alimentation ; notre pays s'est laissé devancer par le Danemark, la Russie et le Canada, pour certains autres par l'Italie et même l'Australie.

L'œuvre de M. de Loverdo est éminemment utile, très complète; elle ne laisse, sur la question traitée, rien dans l'ombre et il n'y a rien à retrancher. Il faut en recommander la lecture à tous ceux qui voudraient s'engager dans des entreprises frigorifiques.

H. Laurain.

Manuel élémentaire pratique des mesures électriques sur les câbles sous-marins (1), par H.-K.-C. Fisher et J.-C.-H. Darby — Traduit de l'anglais, par Léon Husson.

Les auteurs anglais sont parvenus à mettre à la portée de tous les mesures électriques les plus usitées sur les câbles sous-marins.

Leur ouvrage a aussi le mérite de contenir toute une série de renseignements inédits et d'une utilité pratique incontestable.

Ils se sont attachés à rendre aussi complets que possible les différents chapitres du manuel, mais dans ces sortes de traités, il est impossible de déterminer des démarcations absolues, et ils ont été amenés à renvoyer, très souvent, d'un chapitre à un autre. Pour cette raison les auteurs conseillent aux débutants de parcourir entièrement le manuel, avant de pousser les études des diverses méthodes à fond.

Presque tous les exemples et toutes les applications pratiques sont des épreuves réelles de mesures effectivement faites sur des câbles sous-marins. Ces exemples sont donnés avec une grande minutie de détails.

La première partie du manuel est entièrement consacrée à la théorie et à la description des méthodes de mesures, ainsi que des appareils utilisés. Les méthodes de corrections sont très bien exposées et le chapitre qui les décrit comprend des tables qui peuvent rendre de très grands services. Enfin, le chapitre le plus intéressant est celui qui traite de l'importante question de la localisation des *fautes*, étant entendu que ce mot *faute* s'applique, aussi bien, au *défaut* d'isolement de l'enveloppe isolante qu'à *un point de rupture* du conducteur lui-même.

M. Léon Husson, le traducteur, a cru faire œuvre utile au profit des jeunes débutants qui ne possèdent pas la connaissance de la langue anglaise, en les mettant à même de profiter de l'expérience d'électriciens spécialistes aussi distingués.

L'ouvrage anglais appartient à la Compagnie *Eastern Extension Australasia and China Telegraph* qui a donné l'autorisation gracieuse de le traduire en français.

H. Laurain.

(1) In-8°, 225 × 140 de IV-174 p. avec 67 fig. Paris, Gauthier-Villars, 1903. Prix : broché, 5 francs.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 16932-9-03. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

D'OCTOBRE 1903

N° 10

OUVRAGES REÇUS

Pendant les mois d'août, septembre et octobre 1903, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

Cartes relatives au colmatage des polders de Hollande. Medemblik 1 et 2 (2 feuilles, 550 × 690) (Don du Ministerie van Waterstaat. Handel et Nyverheid). 42864 et 42865

Mémoires publiés par la Société nationale d'Agriculture de France. Tome CXL (in-8°, 230 × 140 de 671 p.). Paris, Philippe Renouard, 1903. 42831

Astronomie et Météorologie.

Annuario publicado pelo Observatorio do Rio de Janeiro para o anno de 1903. Anno XIX (Ministerio da Industria, Viação e Obras publicas) (in-16, 180 × 130 de 307 p. avec 2 tabl.). Rio de Janeiro, Imprensa nacional, 1903. 42882

Chemins de fer et Tramways.

Blundstone (S.-R.). — *The Universal Directory of Railways Officials 1903. Compiled from Official Sources*, under the Direction S. Richardson Blundstone (in-8°, 220 × 135 de 643 p.). London, The Directory Publishing Company Limited. 42810

Coda (Ch.). — *L'emploi des réservoirs auxiliaires pour augmenter le débit des grues hydrauliques*, par Ch. Coda (Extrait du Bulletin de la Commission internationale du Congrès des chemins de fer, juillet 1903) (in-8°, 240 × 180 de 12 p. avec 11 fig.). Bruxelles, P. Weissenbruch, 1903 (Don de l'auteur). 42829

Doniol (A.). — *La réglementation des chemins de fer d'intérêt local et des tramways*. Ouvrage complétant le livre publié en 1900, et traitant de la jurisprudence administrative des concessions, d'après les lois, décrets et circulaires ministérielles qui ont paru dans ces dernières années, par A. Doniol (Encyclopédie des travaux publics fondée par M. C. Lechalas) (in-8°, 255 × 165 de 150 p.). Paris, Ch. Béranger, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42895

Proceedings of the fourth Annual Convention of the American Railway Engineering and Maintenance of Way Association, held at the Auditorium Hotel, Chicago, Illinois, March 17, 18 and 19, 1903. Volume 4 (in-8°, 230 × 150 de 549 p.). Chicago, Published under Direction of the Committee on Publications, 1903. 42848

Sauvage (Éd.). — *Les locomotives au début du XX^e siècle*, par Édouard Sauvage (Extrait du Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale. Livraisons de mars, octobre 1902 et février 1903) (in-4°, 285 × 225 de 148 p. avec 142 fig.). Paris, V^ve Ch. Dunod, 1903 (Don de l'auteur). 42875

Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1901. Documents principaux (Ministère des Travaux publics. Direction des chemins de fer) (in-4°, 305 × 235 de VI-539 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1903 (Don du Ministère des Travaux publics). 42812

Union internationale de tramways et de chemins de fer d'intérêt local. Congrès international de Vienne. 13^e Assemblée générale. Septembre 1904. Questionnaire (in-4°, 335 × 205 de 12 p.). 42809

Construction des machines.

Association des Propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France. Exercice 1902-1903. XX^e Bulletin (in-8°, 255 × 165 de 137 p.). Lille, L. Danel, 1903. 42889

Association Parisienne des Propriétaires d'appareils à vapeur. Bulletin annuel, 28^e Exercice 1902 (in-8°, 245 × 155 de 128 p.). Paris. Siège de l'Association, 1903. 42795

Masse (R.) et Haton de la Goupillière. — *Les pompes*, par R. Masse. Préface de M. Haton de la Goupillière (in-8°, 285 × 195 de XVI-528 p. avec 957 fig.). Paris, V^ve Ch. Dunod, 1903 (Don de l'éditeur). 42898

Sautter, Harlé et C^ie. — *Pompes centrifuges à haute pression, système Rateau, pour exploitations minières* (album, 160 × 250 de 15 p. avec 7 fig.). Don de MM. Sautter, Harlé et C^ie). 42873

SCHMIDT (E.). — *Applications de la vapeur surchauffée*, par M. E. Schmidt (Extrait du Bulletin de mars-avril de la Société Industrielle d'Amiens. Association des Propriétaires d'appareils à vapeur de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise) (in-8°, 275 × 175 de 26 p.). Amiens, T. Jeunet, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.).
42838

Éclairage.

BOUVIER (A.). — *Une explosion de gaz produite par un court-circuit*, par Adolphe Bouvier (Extrait du Compte rendu du trentième Congrès de la Société technique de l'Industrie du gaz en France, tenu à Toulon les 12, 13 et 14 mai 1903) (in-8°, 235 × 155 de 16 p. avec 2 pl.). Paris, P. Mouillot, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42847

MALLET (P.). — *Société technique de l'industrie du gaz en France. Revue des principales innovations apportées dans l'industrie du gaz depuis la fondation de la Société technique de l'industrie du gaz en France*, par M. P. Mallet (in-8°, 240 × 155 de 201 p. avec 69 fig.). Paris, P. Mouillot, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.).
42894

Économie politique et sociale.

Bulletin de l'Association Normande pour prévenir les accidents du travail. Année 1903. N° 23 (in-8°, 275 × 180 de 82 p.). Rouen, au Siège de la Société, 1903. 42793

Chambre de Commerce de Dunkerque. Statistique maritime et commerciale du port et de la circonscription consulaire, 1902 (in-8°, 255 × 165 de 207 p.). Dunkerque, Imprimerie Dunkerquoise, 1903.
42830

Compagnie générale des Voitures à Paris. Assemblée générale annuelle du 27 avril 1903. Rapport du Conseil d'administration sur les comptes de l'exercice 1902 (in-4°, 310 × 210 de 35 p. avec 13 tableaux). Paris, Maulde, Doumenc et Cie, 1903. 42798

Compte rendu des travaux de la Chambre de Commerce de Paris. Année 1902 (in-8°, 275 × 175 de 701-60-XII p.). Paris, Librairies-Imprimeries réunies, 1903. 42813

Conseil supérieur du travail. Onzième session. Novembre 1902 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes) (in-4°, 265 × 210 de 147 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1903 (Don du Ministère du Commerce). 42818

Le Pérou. Renseignements très utiles pour les capitalistes, industriels et émigrants. Publication officielle (in-8°, 200 × 135 de 68 p. avec 3 cartes). Lima, 1903 (Don du Ministère des Affaires étrangères du Pérou). 42870

Statistique des grèves et des recours à la conciliation et à l'arbitrage survenus pendant l'année 1902 (République Française, Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction du Travail) (in-8°, 235 × 155 de XVI-482 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1903 (Don du Ministère du Commerce). 42866

Électricité.

FISCHER (H.-K.-C.), DARBY (J.-C.-H.) et HUSSON (L.). — *Manuel élémentaire pratique des mesures électriques sur les câbles sous-marins*, par H. K. C. Fischer et J. C. H. Darby. Traduit de l'anglais sur la deuxième édition, par Léon Husson (in-8°, 225 × 140 de IV-174 p. avec 67 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1903 (Don de l'éditeur). 42794

PORTEVIN (H.). — *Chambre de Commerce de Dunkerque. Conférence sur le présent et l'avenir de l'électricité, faite le 2 août 1903*, par M. H. Portevin à l'occasion de la distribution des prix aux Élèves des cours professionnels (in-8°, 245 × 165 de 30 p.). Dunkerque, Imprimerie Dunkerquoise, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42890

ROSENBERG (E.) et MAUDUIT (A.). — *L'Électricité industrielle à la portée de l'ouvrier*, par E. Rosenberg. Traduit de l'allemand par A. Mauduit (in-8°, 190 × 125 de VIII-435 p. avec 284 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1903 (Don de l'éditeur). 42860

STEINMETZ (Ch.-P.) et MOUZET (H.). — *Théorie et calcul des phénomènes du courant alternatif*, par Charles Proteus Steinmetz. Traduit sur la troisième édition américaine revue et augmentée, par Henry Mouzet (in-8°, 250 × 165 de XX-526 p. avec 210 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1903 (Don de l'éditeur). 42899

Transactions of the American Institute of Electrical Engineers. January 1 to July 1, 1902 (in-8°, 245 × 155 de X-1234 p.). New-York City, Published by the American Institute of Electrical Engineers, 1903. 42820

Géologie et Sciences naturelles diverses.

Field Columbian Museum. Publication 70. Report Series. Vol. II. N° 2. Annual Report of the Director of the Board of Trustees, for the year 1901-1902 (in-8°, 250 × 160, pages 78 à 162 avec pl. 16 à 31). Chicago, October, 1902. 42804

Législation.

XXXIV. Adresverzeichnis der Mitglieder der Gesellschaft ehemaliger Studierender der Eidg. polytechnischen Schule in Zürich. Herausgegeben im Auftrage des Vorstandes im August 1903 (in-8°, 225 × 155 de 50 p.). *Anhang zum* XXXIV *Adressverzeichnis Juli 1903* (in-8°, 225 × 155 de 56 p.). Zürich, Druck von Juchli und Beck, 1903. 42852 et 42853

Association française pour la protection de la Propriété industrielle. Projet de réforme de la législation française concernant les dessins et modèles de fabrique (in-8°, 240 × 155 de 18 p.). Paris, Imprimerie Chaix, 1903. 42823

Association française pour la protection de la Propriété industrielle. Projet de réforme de la législation française concernant les marques de fabrique ou de commerce (in-8°, 240 × 155 de 17 p.). Paris, Imprimerie Chaix, 1903. 42824

Bulletin de l'Association française pour la protection de la Propriété industrielle. Troisième volume. Première partie. Compte rendu du Congrès de Saint-Étienne, 21 et 22 avril 1903 (in-8°, 240 × 155 de 196 p.). Paris, Siège social, 1903. 42822

Constitution and Official Directory of the National Business League (Non-Partisan) Chicago U. S. A. Seventh edition 1903 (in-8°, 235 × 150 de 55 p.). Chicago, R. R. Donnelley and Sons Company. 42888

Directory of the Engineer's Club of Philadelphia, containing Officers, Committees, Members, Names and Addresses, Charter, By-Laws, etc. Corrected to June 1, 1903 (in-32, 115 × 75 de 132 p.). 42814

Rules and List of Members of the Iron and Steel Institute 1903 (in-8°, 215 × 140 de CXVIII p.). London, Published at the Offices of the Institute, 1903. 42832

The Institution of Electrical Engineers. List of Officers and Members. Corrected to June 30th 1903 (in-8°, 215 × 140 de 180 p.). 42839

Métallurgie et Mines.

Comité Central des Houillères de France. Annuaire 1900, 1901, 1902, 1903 (4 vol. in-8°, 215 × 135). Paris, 55 rue de Châteaudun. 42884 à 42887

GEORGEOT. — *Fascicule I. Étude technique. Monographie de la Fabrication industrielle moderne du fer-blanc*, par M. Georgeot (in-8°, 245 × 160 de 87 p.). Paris, Imprimerie des Mines et Usines. (Don de l'Auteur, M. de la S.) 42857

MIRON (F.). — *Gisements minéraux. Stratigraphie et composition*, par François Miron (Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire) (in-8°, 190 × 110 de 159 p.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1903. (Don de l'Éditeur.) 42855

SCOTT (K.). — *On the occurence of Mica in Brazil and on its preparation for the market*, by H. Kilburn Scott. (Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy. Vol. XI. 1902-1903) (in-8°, 215 × 135 de 14 p. avec 3 pl.). (Don de l'Auteur, M. de la S.) 42876

Transactions of the American Institute of Mining Engineers. Vol. XXXII (in-8°, 245 × 150 de CLXXXVI-704 p.). New-York City, Published by the Institute, 1902. 42879

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

Association internationale de la Marine. Congrès de Copenhague 1902 (in-8°. 250 × 160 de IX-875 p.). Paris, Imprimerie Lahure, 1902. (Don de M. G. L. Pesce, M. de la S.) 42880

Association internationale permanente des Congrès de Navigation. Commission internationale permanente. Séance tenue à Bruxelles le 8 juin 1903. Procès-verbal (in-8°, 240 × 160 de 19 p.). Bruxelles, J. Goemaere, 1903. 42846

BIGOTTI (L.). — *Navigazione interna. Relazione sommaria del Congresso di Tolosa 27 Maggio-1 Giugno 1903. Proposte riguardanti l'Italia*, per L. Bigotti (in-8°, 220 × 145 de 22 p.). Roma, Stabilimento tipografico civelli, 1903. (Don de l'Auteur.) 42799

BOILÈVE (V.). — *Comité du Sud-Ouest navigable de Béziers. Congrès de Toulouse. Compte rendu des travaux*, par M. V. Boilève (in-8°. 210 × 135 de 38 p.). Béziers, 1903. (Don de l'Auteur, M. de la S.) 42877

Bulletin de l'Association technique maritime. N° 14. Session de 1903 (in-8°. 270 × 175 de LIV-414 p. avec 1 pl.). Paris, Gauthier-Villars, 1903. 42858

FONSECA RODRIGUES (J.-A.). — *As Emboccaduras das lagoas com applicaçao a Barra do Rio Grande do Sul*, por J.-A. Fonseca Rodrigues (in-8°, 225 × 160 de 77 p. avec 7 pl.). S. Paulo, Typographia Brazil de Carlos Gerke, 1903. (Don de l'Auteur, M. de la S.) 42844

POMPÉIEN-PIRAUD (J.-C.). — *Aviation. Les secrets du coup d'ailes. Essai de construction d'une machine aérienne*, par J.-C. Pompéien-Piraud (in-8°, 280 × 190 de 366 p. avec 25 pl. et 102 fig.). Paris, E. Bernard et C^ie^, 1903. (Don de l'Éditeur.) 42849

Report of the Superintendent of the Coast and Geodetic Survey showing the Progress of the Work from July 1, 1901 to June 30, 1902 (in-8°, 295 × 225 de 799 p. avec 64 illust.). Washington, Government Printing Office, 1903. 42805

Transactions of the Institution of Naval Architects. Volume XLV. 1903 (in-4°, 285 × 215 de XXVI-348 p. avec LXVIII pl.). London, Sold Henry Sotheran and C°, 1903. 42872

WRIGHT (W.). — *Experiments and Observations in Soaring Flight*, by Mr. Wilbur Wright (Printed in advance of the Journal of the Western Society of Engineers. Vol. III. N° 4, August 1903) (in-8°, 230 × 250 de 18 p. avec 8 fig.). (Don de l'Auteur.) 42878

Physique.

Four rotatif système Lathbury et Spackman (in-8°, 230 × 155 de 24 pages et 8 fig.). Philadelphia. (Don des Auteurs.) 42874

LOVERDO (J. DE) et TISSERAND (E). — *Le froid artificiel et ses applications industrielles, commerciales et agricoles*, par J. de Laverdo. Préface de M. E. Tisserand (in-8°, 255 × 165 de VII-652 p. avec 156 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1903. (Don de l'Éditeur.) 42819

Sciences Mathématiques.

BEGHIN (A.). — *Règle à calculs. Instruction. Applications numériques Tables et formules*, par A. Beghin. Troisième édition (in-8°, 255 × 165 de XI-128 p.). Paris, Ch. Béranger, 1904. (Don de l'Auteur). 42892

EMPERGER (F.). — *Über die Berechnung von beiderseits armierten Betonbalken. Mit einem Anhang : Einige Versuche über die Würfelfestigkeit von armierten Beton*, von Fritz von Emperger (Sonder-Abdruck aus Beton und Eisen 1903, III. und IV. Heft) (in-4°, 345 × 265 de 24 p. avec 30 fig.). Wien, Lehmann und Wentzel, 1903. (Don des Éditeurs.) 42807

VILLIERS DE L'ISLE-ADAM (A. DE) et RICOUR (TH.). — *Traité élémentaire et pratique de la résistance des matériaux et de la stabilité des constructions civiles. Mis à la portée des entrepreneurs, maîtres-ouvriers et commis de chantier*, par Abel de Villiers de l'Isle-Adam, avec Préface de M. Th. Ricour (in-8°, 225 × 140 de 332 p. avec 61 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1903. (Don de l'Éditeur.) 42893

Sciences Morales.

Mémoires de l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Clermont-Ferrand. Deuxième série. Fascicule quinzième (in-8°, 250 × 165 de 256 p.). Clermont-Ferrand, Louis Bellet, 1900. 42845

MERCERON-VICAT. — *L. Vicat. Sa vie et ses travaux avec des notes*, par Merceron-Vicat (in-8°, 215 × 135 de 245 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1903. (Don de l'Éditeur.) 42896

Technologie générale.

Anales de la Asociacion de Ingenieros y Arquitectos de Mexico. Tomo X (in-8°, 240 × 170 de 304 p. avec atlas même format de 51 pl.). Mexico, Oficina Tip. de la Secretaria de Fomento, 1902. 42815 et 42816

Association française pour l'avancement des sciences. Compte rendu de la 31me session. Montauban 1902. Seconde partie. Notes et Mémoires (in-8°, 245 × 150 de 1 423 p. avec 11 pl.). Paris, au Secrétariat de l'Association, 1903. 42811

Atti della R. Accademia dei Lincei. Anno CCC. 1903. Rendiconto dell' Adunanza solenne del 7 giugno 1903. Vol. II, pages 53 à 102 (in-4°, 320 × 220 de 50 p.). Roma, Tipografia della R. Accademia dei Lincei, 1903. 42808

BERNHEIM. — *Unification des profils et des spécifications techniques*, par M. Bernheim (Extrait du Bulletin de juillet 1903 de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale) (in-4°, 275 × 220 de 12 p.). Paris, Typographie Philippe Renouard. 1903. (Don de l'auteur.) 42851

FRANCHE (G.). — *Manuel de l'ouvrier mécanicien. Troisième partie. Forge et fonderies*, par Georges Franche (Bibliothèque des Actualités industrielles N° 96) (in-16, 175 × 125 de 112 p. avec 43 fig.). Paris, Bernard Tignol. (Don de l'éditeur.) 42861

Minutes of Prooceedings of the Institution of Civil Engineers; with other selected and abstracted Papers. Vol. CLII 1902-1903. Part II (in-8°, 215 × 135, de VII-417 p. avec 7 pl.). London, Published by the Institution, 1903. 42817

OMONT (H.). JULLIAN (C.). BIZOS (G.). — *Congrès des Sociétés savantes à Bordeaux. Discours prononcés à la séance générale du Congrès, le samedi 18 avril 1903*, par MM. Henry Omont, Camille Jullian et Gaston Bizos (in-8°, 265 × 175 de 26 p.). Paris, Imprimerie nationale, Mai, 1903. (Don du Ministère de l'Instruction publique.) 42801

Papers read before the Engineering Society of the School of Practical Science Toronto. N° 15. 1901-1902 (in-8°, 225 × 150 de 176 p.). Toronto, The Carswell C° Limited, 1902. 42834

PERROT (A.). — *Bulletin du Laboratoire d'essais mécaniques, physiques, chimiques et de machines, du Conservatoire national des Arts et Métiers. N° 1. Tome I (1903-1904). Le Laboratoire d'essais mécaniques, physiques, chimiques et de machines, du Conservatoire national des Arts et Métiers. Son organisation. Son outillage*, par A. Perrot (in-8°, 240 × 160 de 21 p.). Paris, Ch. Béranger. 1903. 42800

PICARD (A.). — *Rapport général administratif et technique*, par M. Alfred Picard. *Tome troisième* (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900) (in-8°, 295 × 195 de 443 p. avec phot.). Paris, Imprimerie nationale, 1903. (Don de l'auteur, M. de la S.) 42806

PICARD (A.). — *Rapport général administratif et technique*, par M. Alfred Picard. *Tome quatrième* (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900) (in-8°, 295 × 195 de 370 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1903. (Don de l'auteur, M. de la S.) 42867

PICARD (A.). — *Rapport général administratif et technique*, par M. Alfred Picard. *Tome cinquième* (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900) (in-8°, 295 × 195 de 246 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1903. (Don de l'auteur, M. de la S.) 42868

PICARD (A.). — *Rapport général administratif et technique*, par M. Alfred Picard. *Tome sixième* (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900) (in-8°, 295 × 195 de 329 p. avec 44 phot.). Paris, Imprimerie nationale, 1903. (Don de l'auteur, M. de la S.) 42897

Programme du Congrès des Sociétés savantes à la Sorbonne en 1904 (Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. Comité des Travaux historiques et scientifiques) (in-8°, 265 × 175 de 16 p.). Paris, Imprimerie nationale, Juin 1903. (Don du Ministère de l'Instruction publique.) 42802

Rapports du Jury international. Groupe I. Éducation et Enseignement. Cinquième partie. Classe 6. Tome I (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°, 295 × 195 de 420 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1903. (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900). 42827

Rapports du Jury international. Groupe I. Éducation et Enseignement. Sixième partie. Classe 6. Tome II (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°, 295 × 195 de 420 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1902. (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900.) 42869

Rapports du Jury international. Groupe XI. Mines et Métallurgie. Quatrième partie. Classes 64 et 65 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°, 295 × 195 de 575 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1903. (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900). 42881

Rapports du Jury international. Groupe XV. Industries diverses. Première partie. Classes 92 à 97 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°, 295 × 195 de 514 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1902. (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900.) 42803

Rapports du Jury international. Groupe XVIII. Armées de terre et de mer. Première partie. Classe 116 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°, 295 × 195 de 518 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1903. (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900). 42828

Rapports du Jury international. Introduction générale. Tome II. Troisième partie. Sciences. Quatrième partie (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°, 295 × 195 de IX-395 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1903. (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900.) 42891

Répertoire général des fournisseurs de l'armée, de la marine et des travaux publics. Publication annuelle 1903. — L'Année technique du Répertoire général 1902-1903 (in-8°, 270 × 180 de 719 p.). Paris, Librairie de Publications officielles, 1903. 42796

Repertorium der Technischen Journal-Literatur. Herausgegeben im Kaiserlichen Patentamt. Jahrgang 1902 (in-8°, 285 × 200 de 1 366 p. à 2 col.). Berlin, Carl Heymanns Verlag, 1903. 42871

Société industrielle de Mulhouse. Programme des prix proposés en assemblée générale le 24 juin 1903 à décerner en 1904 (in-8°, 255 × 165 de 58 p.). Mulhouse, Imprimerie Vve Bader et Cie, 1903. 42850

Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne. Bulletin n° 48, 1902 (in-8°, 250 × 165 de 168 p.). Saint-Quentin, Ch. Poette, 1903. 42835

STOFFERS (G.). — *Die Industrie-und Gewerbe-Austellung für Rheinland, Westfalen und Benachbarte Bezirke verbunden mit einer Deutsch-Nationalen Kunst-Ausstellung Düsseldorf 1902.* Im Auftrage des Arbeits-Ausschusses unter Mitwirkung der Ausstellungsleitung und der Gruppen-Vorsitzenden. Herausgegeben von G. Stoffers (in 8°, 320 × 245 de VII-392 p. avec photog. et pl.). Düsseldorf, August Bagel 1903. (Don du Comité de l'Exposition de Düsseldorf; de la part de M. Gouvy, M. de la S.) 42797

The Journal of the Iron and Steel Institute. Vol. LXIII. N° 1. 1903 (in-8°, 220 × 140 de XIV-814 p. avec XLVII pl.). London, E. and F.-N. Spon, 1903. 42833

Transactions of the American Society of Civil Engineers. Vol. L. June 1903 (in-8°, 230 × 150 de VI-522 p. avec XXXIX pl.). New-York, Published by the Society, 1903. 42859

Travaux publics.

Annales des Ponts et Chaussées. 1re Partie. Mémoires et documents. 73e année. 8e série. Tome IX, 1903. 1er trimestre (in-8°, 250 × 165 de 456 p. avec 13 pl.). Paris, E. Bernard. 42821

Bétons armés système Hennebique. Relevé des travaux exécutés en système Hennebique pendant l'année 1902 (in-4°, 270 × 215 de 125 p. avec 60 fig.). Paris, 1, rue Danton. (Don de M. Hennebique, M. de la S.). 42826

CACHEUX (E.). — *Les habitations ouvrières en tous pays. Supplément*, par Émile Cacheux (in-4°, à 2 col. 370 × 270 de 60 p. avec XL pl. même format). Paris, Ch. Béranger. (Don de l'auteur, M. de la S.) 42863

CANDLOT (E.). — *Chaux, ciments et mortiers*, par Ed. Candlot (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 110 de 191 p. avec 51 fig.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1903. (Don de l'éditeur.) 42856

DARDART (E.) et BONNAL (A.). — *Devis et évaluations*, par Émile Dardart et Auguste Bonnal (Bibliothèque du Conducteur de travaux publics) (in-16, 135 × 120 de XII-715 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1903. (Don de l'éditeur.) 42883

DEBAUVE (A.). — *Dictionnaire administratif des travaux publics. Troisième édition. Supplément*, par A. Debauve (in-8°, 250 × 160 de 395 p.). Paris, Vve Dunod, 1903. (Don de l'éditeur.) 42837

DEBLON (A.). — *Les eaux alimentaires de l'agglomération bruxelloise en 1903*, par A. Deblon (Extrait du 4e fascicule des Annales des Travaux publics de Belgique. Août 1903. Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand) (in-8°, 240 × 155 de 116 p. avec 3 pl.). Bruxelles, J. Goemaere, 1903. 42825

GALINET (L.-P.). — *Petite Étude sur l'outillage de l'Algérie et le budget spécial. Les travaux publics en Algérie*, par L.-P. Galinet (in-8°, 200 × 125 de 40 p.). Alger, 1903. (Don de l'auteur.) 42861

IMBEAUX (Dr Ed.). — *Les eaux de Paris, Versailles et la banlieue* (Extrait de l'Annuaire des Distributions d'eau de France, Algérie, Belgique, Suisse et Luxembourg) 1re édition, par le docteur Ed. Imbeaux (in-8°, 235 × 150 de XVII-138 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1903. (Don de l'éditeur.) 42836

MOREL (M.-A.). — *Les matériaux artificiels*, par Marie-Auguste Morel (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 110 de 179 p.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1903. (Don de l'éditeur). 42854

Relazione sul Progetto di massima dell' acquedotto Pugliese compilado dal Regio ufficio speciale del Genio civile in data 20 ottobre 1902 (4 fascicules 325 × 230) (Ministero dei Lavori pubblici. Direzione generale delle Opere idrauliche). Roma, Tipografia della Casa editrice Italiana, 1903. (Don de la Camera di Commercio Italiana in Parigi et de M. Féderman, M. de la S.).
42840 à 42843

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis, pendant le mois d'octobre 1903, sont :

Comme Membres Sociétaires, MM. :

A.-H.-A. DE BERLHE, présenté par MM. Corvol, Rancelant, Serre.
F.-H. CAISSIAL, — Anthoine, Mouchelet, A. Neveu.
V. DELION, — Cassiers, Manaut, Ch. Tellier.
P.-M.-E. DONON, E. Baudet, L. Baudet, Donon.
D. KAINSCOP, — Couriot, Machavoine. Pettit.
A.-H. MAROT, — Baustert, Ermel, G. Richard.
J. MASSON, — Raabe, A. de Traz, J. de Traz.
J.-L.-C. MERCIER, — Brulé, Desombre, Schwarberg.
G. PARAF, — Buquet, Lévi, Jannettaz.
R.-H.-H. STANGER, — Chapman, Oughterson, Vaslin.
Ch. STIGLER, — Bodin, L. Thomas, Couriot.
L. TRUDEAU, — Auderut, Macaire, Macdonald.

Comme Membre Associé, M. :

P.-L.-H. DÉHAYES, présenté par MM. Lapostolest, Albert Simon, Auguste Simon.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'OCTOBRE 1903

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 2 OCTOBRE 1903

PRÉSIDENCE DE M. P. BODIN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de MM. :

Gabriel-François Boutmy, Membre de la Société depuis 1850, Chevalier de la Légion d'honneur, ancien Ingénieur au Creusot, Ingénieur principal du matériel du P.-L.-M., en retraite ;

Henri-Charles Bunel, ancien Élève de l'École Centrale (1861), Membre de la Société depuis 1868, Officier de la Légion d'honneur, Architecte en chef de la Préfecture de Police, Membre du Conseil d'hygiène et de salubrité du département de la Seine, Membre du Conseil de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, expert au Tribunal civil ;

Dominique-Antoine Casalonga, ancien Élève de l'École des Arts et Métiers d'Aix (1853), Membre de la Société depuis 1874, Ingénieur-Conseil en matière de propriété industrielle, Directeur-propriétaire de la *Chronique Industrielle* et du *Praticien Industriel* ; Prix Giffard en 1888, médaille d'argent, Membre du Comité en 1900-01-02-03 ; M. Casalonga était également Vice-Président de l'Association des Anciens Élèves des Écoles d'Arts et Métiers, Membre du Comité de l'Association des Ingénieurs-Conseils, Vice-Président de l'Association des Inventeurs et Industriels ;

Pierre-Paulin Faure, Membre de la Société depuis 1897, Chevalier de la Légion d'honneur, Ingénieur-Constructeur ;

Aimé George, ancien Élève de l'École Centrale (1861), Membre de la Société depuis 1891, fabricant de matières colorantes ;

Léon-Henri-Édouard Morin, Membre de la Société depuis 1898, Constructeur d'instruments de précision ;

Auguste Perregaux, ancien Élève de l'École Polytechnique de Zurich, Membre de la Société depuis 1883, ancien Directeur des Ateliers de construction Voruz, Ingénieur-Conseil, Expert près les Tribunaux ;

Julius Rütgers, Membre de la Société depuis 1901, propriétaire des ateliers d'injection et des fabriques de produits goudronnés ;

Edward Woods, Membre de la Société depuis 1879, ancien Président de l'Institution of Civil Engineers ;

Marie-André Petiet, ancien Élève de l'École Centrale (1875), Membre de la Société depuis 1877, Ingénieur principal du Matériel roulant au Chemin de fer du Nord ;

M. le Président adresse au familles de ces Collègues l'expression des sentiments de condoléances de la Société tout entière.

M. le Président a le plaisir d'annoncer les décorations et nominations suivantes :

Commandeur de la Légion d'honneur : M. G. Nagelmackers ;

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. Adrien, Leroux, C. Malissart, J. Suss ;

Commandeur du Mérite agricole : M. P.-L. Barbier ;

Officier du Mérite agricole : M. Duval-Pihet ;

Chevaliers du Mérite agricole : MM. F.-H. Auderut, A.-E. Darnay ;

Commandeur du Nicham Iftikar : M. Jablin-Gonnet ;

Officier du Nicham Iftikar : M. H. Chevalier ;

Officier de Saint-Jacques du Portugal : M. Ch. Vigreux.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. le Président signale, dans le procès-verbal de la séance du 17 juillet, l'erratum suivant : aux nominations de Chevaliers du Mérite agricole, où figure le nom de M. Faucher, lire J.-H. Faucher, au lieu de J.-M. Faucher.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Il signale plus spécialement le volume qui, sur la demande faite par M. Gouvy, nous a été adressé par le Comité-Directeur de l'Exposition de Dusseldorf, volume intitulé *Industrie. Gewerbe und Kunst-Ausstellung, Dusseldorf 1902*, et il en remercie M. Gouvy, dont on n'a pas oublié la si intéressante communication sur cette Exposition.

M. le Président porte à la connaissance de la Société les avis suivants :

L'Automobile-Club de France nous a fait part de la Sixième Exposition Internationale de l'Automobile, du Cycle et des Sports, qu'il organise du 10 au 25 décembre 1903 ;

Le Ministère de l'Instruction Publique nous a fait parvenir le programme du Quarante-deuxième Congrès des Sociétés Savantes, qui s'ouvrira à la Sorbonne, le mardi 5 avril 1904 ;

Le Ministère de l'Agriculture nous a fait transmettre quelques renseignements relatifs aux études et travaux à entreprendre en vue du dessèchement des marais et marécages existant en Grèce ;

La Chambre de Commerce Italienne de Paris, puis notre Collègue, M. Federman, nous ont transmis un certain nombre de documents relatifs à un Concours International, ouvert par le Ministère des Travaux Publics d'Italie, pour la concession de la construction et l'exploitation de l'Aqueduc des Pouilles ;

Notre Collègue, M. da Silva Freire, nous fait connaître que la ville de Sao-Paulo (Brésil) va s'adresser aux industriels étrangers pour la fourniture de la charpente et du plancher métalliques de son Théâtre Municipal en voie de construction ;

Le Consulat Général d'Espagne nous a adressé certaines informations au sujet du programme d'un Concours ouvert pour l'exécution et l'exploitation d'un projet relatif à la conduite des eaux, puissance électrique et arrosage de la ville de Madrid ;

Notre Collègue, M. J. Guillon, nous a fait parvenir les statuts d'un Comité technique qui vient de se constituer pour l'étude et la vulgarisation des moyens préventifs et de défense contre l'incendie ;

L'Association Française pour l'Avancement des Sciences nous a adressé copie d'un vœu adopté par son Assemblée générale du 11 août 1903, et relatif à la question de la destruction de la Tour Eiffel.

Tous les renseignements touchant les avis qui précèdent, sont déposés au Secrétariat de la Société, où ils sont à la disposition des Membres.

M. LE PRÉSIDENT rappelle à ceux de nos collègues qui sont Administrateurs de Sociétés diverses, qu'ils peuvent trouver dans notre Hôtel des salles de réunions pour y tenir leurs Assemblées générales. La note-circulaire annexée au présent procès-verbal leur donnera à cet égard tous les renseignements désirables.

M. G. DUMONT, ancien Président de la Société, Président de l'Association des Industriels de France contre les Accidents du Travail, a la parole pour sa communication sur *Un Musée de prévention des Accidents du Travail et d'Hygiène Industrielle de Paris.*

M. G. DUMONT désire faire connaître à la Société les démarches qui ont été faites par l'Association des Industriels de France et par un groupe important d'Industriels pour la création, à Paris, d'un Musée de prévention des accidents du travail et d'hygiène industrielle, comme il en existe déjà à l'étranger. L'orateur, à ce propos, fait appel à la collaboration de nos Collègues.

M. Dumont démontre l'utilité de Musées de ce genre.

Il rappelle la conférence faite le 3 juin dernier, dans notre salle, par M. Tollmann, sur les moyens employés dans les divers pays industriels pour accroître le bien-être ouvrier, en prévenant les accidents du travail et en développant les mesures d'hygiène.

Puis il cite l'institution déjà ancienne, dans notre pays, des Associations de propriétaires d'appareils à vapeur dont notre Collègue, M. Compère, nous a entretenus, et celle de prévention des accidents du travail, Associations qui sont au nombre de trois : Association normande, fondée à Rouen, en 1880 ; Association des Industriels de France, fondée à Paris, en 1883, par notre ancien Président Émile Muller ; Association des Industriels du Nord, fondée en 1890.

Ces trois groupes veillent à la sécurité de 500 000 ouvriers environ. ce qui ne représente, malheureusement, qu'une partie de la population manufacturière française. Il reste donc beaucoup à faire.

En Allemagne, on s'occupe non seulement de la prévention des accidents, mais aussi de l'hygiène et du bien-être des travailleurs.

Mais les Associations de prévention rencontrent dans l'accomplissement de leur tâche une grosse difficulté : beaucoup de patrons et d'ouvriers ne se préoccupent pas assez de l'étude des appareils protecteurs ou hygiéniques, qu'ils sont même portés souvent à regarder comme gênants ou inutiles.

L'institution de Musées vient donc compléter l'œuvre commencée par les Associations de protection. On y expose des dessins, des modèles d'appareils et, autant que possible, ceux-ci en vraie grandeur, montés sur des machines en marche, ainsi que tout ce qui se rapporte en général au *bien-être ouvrier*.

A l'étranger, il existe déjà cinq Musées de ce genre, qui sont ceux de Munich, Zurich, Amsterdam, Vienne et Charlottenbourg (près de Berlin).

M. Dumont décrit ces différents Musées. Celui de Vienne fut fondé en 1890, sur l'initiative du docteur Migerka. Celui d'Amsterdam fut créé en 1891, sur l'initiative de l'Association pour l'accroissement de l'industrie manufacturière des Pays-Bas; il est subventionné par l'État et par la Ville. Celui de Munich, établi en 1900 par le Ministère de l'Intérieur de la Bavière, est un Musée du bien-être ouvrier : l'Association Polytechnique de Munich a participé pécuniairement à sa fondation ; il contient un grand nombre d'appareils, une bibliothèque et une salle de conférences ; comme à Vienne, on y organise des expositions temporaires spéciales. Enfin, le Musée de Charlottenbourg est dû, comme le précédent, au concours simultané des pouvoirs publics et de l'initiative privée.

Ce dernier eut son embryon dans une exposition générale, faite en 1889, des appareils et institutions de prévention des accidents du travail; l'Office général des Assurances eut l'idée de réunir en un Musée spécial les collections en provenant. Ce ne fut que dix ans après, en 1899, que le Parlement allemand fournit les fonds nécessaires, un million de marks environ, à l'achat du terrain et à la construction des bâtiments, et qu'il affecta, pour l'entretien et le développement, 30 000 marks en 1902, 40 000 marks en 1903. C'est une véritable Exposition permanente, où les inventeurs et les constructeurs apportent, après réception, leurs appareils en vraie grandeur, et où ils trouvent, gratuitement fournis, à la fois l'emplacement et la force motrice. On conçoit que, dans ces conditions, l'institution eut un développement rapide, spontané ; elle est devenue le type le plus intéressant de ce genre d'établissements.

En France, l'œuvre de l'Association des Industriels, fondée par Muller, fut continuée par son successeur à la Présidence, notre Collègue S. Périssé, avec la collaboration de MM. Ed. Simon, Secrétaire général et Mamy, Directeur. Ces messieurs comprirent que l'organisation d'un Musée spécial serait le couronnement de leur œuvre.

Un premier noyau d'appareils fut rassemblé ; puis à l'Exposition de 1900, à la Classe 21, la réunion d'appareils de ce genre, faite sous les auspices de cette Association, obtint un grand succès et une haute récompense.

La question du Musée fut reprise en 1902 par un Comité d'initiative, composé de MM. Choysson, Inspecteur général des Ponts et Chaussées ; Buquet, notre ancien Président et Directeur de l'École Centrale ; le Président honoraire S. Périssé, le Président et le Directeur de l'Association des Industriels de France.

Ce Comité a étudié ce qui s'était fait à l'étranger ; M. Mamy a visité les Musées existants et a rédigé un rapport circonstancié.

M. Dumont regrette que M. Cheysson, qui s'est consacré particulièrement à l'étude des questions ouvrières, n'ait pu venir lui-même faire cette communication, et exposer ses idées sur la question. Il eût expliqué que le Musée pouvait être établi par l'initiative privée ou par une collaboration de l'initiative privée et des pouvoirs publics.

C'est cette dernière solution qui a prévalu. Le Musée sera, en effet, installé au Conservatoire national des Arts et Métiers. Cet établissement fournira le local, et les subsides nécessaires à l'installation et à l'entretien du Musée seront recueillis parmi les industriels et groupements intéressés à cette utile création.

Une Commission d'études, composée mi-partie de Membres du Conseil d'administration du Conservatoire national des Arts et Métiers et de Membres du Comité de direction de l'Association des Industriels, a été chargée de déterminer les conditions dans lesquelles devait être installé le Musée dans le local désigné au Conservatoire des Arts et Métiers.

Lorsque le Musée sera créé, cette Commission d'études cédera la place à un Comité technique, composé comme le précédent, et dont la fonction sera de recevoir et de choisir les appareils nouveaux dignes d'être exposés, ainsi que de résoudre toutes les questions d'entretien et de développement.

La Commission d'initiative a déjà fait appel aux grands industriels, aux groupements syndicaux, aux Compagnies d'assurances contre les accidents, etc., pour recueillir les dons nécessaires à l'établissement du Musée. Les résultats actuellement acquis sont très satisfaisants ; aussi à bref délai, on espère pouvoir poser la première pierre de l'édifice.

Les desiderata sont, comme à Charlottenbourg, d'organiser un Musée de prévention des accidents du travail, avec Exposition, toujours au niveau du progrès, des appareils protecteurs installés sur des machines en marche, et un Musée d'hygiène industrielle, présentant la solution rationnelle et surtout pratique de tous les problèmes que comporte cette branche si intéressante du bien-être ouvrier.

L'orateur fait observer que l'heure est venue pour l'industrie d'aborder franchement ces questions. L'humanité d'une part, l'intérêt bien compris des patrons, de l'autre, le commandent, sans nuire aux intérêts matériels, en vue d'assurer l'observation des règles que l'hygiène indique pour maintenir la santé des ouvriers et par suite leur puissance de travail.

M. Dumont souhaite que nos Collègues, convaincus de l'utilité de

l'œuvre, apportent leur concours, quelque modeste soit-il, car, dit-il, les petits ruisseaux font les grandes rivières.

M. Dumont termine en remerciant notre Président du concours qu'il a donné à la création de ce Musée en sa qualité de Membre du Conseil de perfectionnement du Conservatoire des Arts et Métiers.

M. le Président répond qu'il est touché de ces remerciements, mais qu'il n'a pas à en recevoir pour avoir fait son devoir et donné son opinion sur une chose qu'il croit utile et nécessaire au point de vue de l'humanité. Il est l'interprète de la Société tout entière en remerciant M. Dumont de sa très intéressante conférence, utile à la fois pour les agglomérations ouvrières, pour les patrons, en un mot, pour tout le monde.

M. H. Chevalier a la parole pour sa communication sur les *Charrues de Grèce et d'Italie.*

M. H. Chevalier, comme suite à son étude sur les anciennes charrues d'Afrique (1), expose, d'après les auteurs grecs et latins, et en s'appuyant sur les rares monuments qui nous sont parvenus, quelles étaient les charrues usitées en Grèce et en Italie. Il montre d'abord le soc du héros de Marathon, puis la charrue d'Hésiode et ses diverses modifications, telles que les monuments les représentent et telles qu'on peut les retrouver encore dans certaines parties de la Grèce. Les Romains reçurent leurs modèles des Étrusques et des Grecs, jusqu'au moment où les Gaulois, vers le IIe siècle avant notre ère, introduisirent le coutre et l'avant-train, c'est alors seulement que l'araire devint la charrue.

Personne ne demandant la parole, M. le Président remercie M. Chevalier de sa conférence qui a été très instructive, et qu'il doit continuer pour les autres pays du monde.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. A.-H.-A. de Berlhé, J. Masson, R.-H.-H. Stanger, G. Paraf, comme Membres Sociétaires.

MM. F.-H. Caissial, V. Delion, P.-M.-E. Donon, D. Kainscop, A.-H. Marot, J.-L.-C. Mercier, Ch. Stigler, L. Trudeau sont admis comme Membres Sociétaires, et

M. P.-L.-H. Déhayes comme Membre Associé.

La séance est levée à 10 heures un quart.

Le Secrétaire,
J.-M. Bel.

(1) Voir Bulletin de février 1902, page 237.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 16 OCTOBRE 1903

PRÉSIDENCE DE M. P. BODIN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire part du décès de MM. :

L.-C.-A. Benouville, ancien Élève de l'Ecole Centrale (1884), Membre de la Société depuis 1899, Architecte du Gouvernement;

D. Lanore, ancien Élève de l'École d'Arts et Métiers d'Aix (1883), Membre de la Société depuis 1898, Ingénieur-sous-directeur des Établissements Falconnet-Perodeaud;

E. de Boischevalier, ancien Élève de l'École Centrale (1864), Membre de la Société depuis 1873, Chevalier de la Légion d'honneur, Vice-Président du Conseil d'administration de la Compagnie des Chemins de fer de l'Est, Président de la Société des Forges de Montataire, Administrateur de la Société Franco-Belge des Mines de Somorrostro.

M. le Président adresse aux familles de ces Collègues les sentiments de condoléances de la Société toute entière.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que M. J. Bocquin a été nommé Officier du Mérite agricole et M. H. Hamet, Chevalier de l'Étoile d'Anjouan.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus. Cette liste sera insérée dans un prochain Bulletin.

M. LE PRÉSIDENT donne connaissance des avis suivants :

Une conférence-promenade à l'Exposition des habitations à bon marché aura lieu le jeudi, 29 octobre courant, à 10 heures du matin. Notre Collègue, M. E. Cacheux, a bien voulu se charger de donner les renseignements nécessaires au cours de cette promenade. Les Membres de la Société seront reçus sur la présentation de leur insigne. Le rendez-vous est fixé à 9 heures trois quarts, vestibule du Grand-Palais.

Notre ancien Président, M. E. Trélat, nous a fait connaître que l'ouverture des cours de l'Ecole spéciale d'Architecture aura lieu le lundi, 19 octobre, à une heure trois quarts.

M. LE PRÉSIDENT dit que les Statuts et Règlement ayant été approuvés et entrant en vigueur, il vient d'être adressé à tous les Membres de la Société un exemplaire de ces Statuts et Règlement, avec une circulaire explicative.

M. le Président dit que le procès-verbal de la précédente séance faisait mention succincte d'un vœu qui nous avait été transmis par l'Association Française pour l'Avancement des Sciences.

Il demande la permission de compléter, par quelques indications, les renseignements relatifs à ce vœu, en en faisant donner lecture :

« Congrès d'Angers 1903. .

» *Vœu de l'Association.*

» L'Association Française pour l'Avancement des Sciences, considérant que la Tour Eiffel a déjà rendu à la science d'inestimables services, en se prêtant à des déterminations physiques, météorologiques et mécaniques, impossibles à obtenir sans elle;

» Considérant qu'elle est sans contredit appelée à en rendre d'autres encore, émet le vœu qu'elle ne soit pas détruite à l'expiration de la concession, grâce à laquelle elle existe, et qu'on prolonge au contraire son existence le plus possible. »

M. le Président dit qu'il est certainement à déplorer, que l'on songe à détruire un semblable monument, sans tenir compte des services qu'il a rendus et qu'il est encore appelé à rendre, comme, du reste, on se propose également de le faire en détruisant la Galerie des Machines.

Ces constructions, universellement connues, ont montré partout ce que pouvait faire le Génie civil français, et peuvent compter, à bon droit, parmi les applications les plus grandes du fer aux grandes constructions métalliques.

M. G. Canet demande à dire quelques mots au sujet de cette question de la démolition de la Tour Eiffel; il rappelle qu'au moment de quitter la présidence de la Société des Ingénieurs Civils de France il avait déjà, en séance, protesté contre le projet de démolition de la Galerie des Machines, dont on parlait depuis longtemps, pour habituer le bon public à cette idée.

M. Canet ne veut pas rechercher les motifs secrets qui poussent à obtenir la démolition de la Tour de 300 *m*; le motif avoué est, à sa connaissance, *que cette ferraille est une horreur, un non-sens artistique déshonorant Paris.* M. Canet montre toute la part d'exagération qu'on trouve, à chaque pas, dans les appréciations sur *l'art*. Pour lui, une œuvre est artistique quand elle plaît autant pour la hardiesse de sa conception que pour l'élégance de son exécution. La Tour Eiffel, à son avis, rentre dans cette catégorie, puisque le monde entier est venu l'admirer en 1889 et ne s'est pas fait prier pour dire, hautement, son admiration. La Galerie des Machines et la Tour Eiffel sont de précieux jalons, qui marquent un des plus formidables progrès réalisés dans l'histoire de l'art de l'Ingénieur, et M. Canet plaindrait nos jeunes Collègues, s'ils n'avaient plus sous les yeux ces beaux exemples d'architecture métallique, pour les inspirer et leur faire rechercher la réalisation d'œuvres plus belles encore, mais qui seront difficilement plus grandioses.

M. G. Dumont expose que les embellissements projetés pour l'édification d'un nouveau quartier au Champ-de-Mars, n'imposent pas du tout la disparition de la Tour de 300 *m*. Cette tour est universellement re-

gardée, par les étrangers, comme une très grande curiosité ; ils ne manquent jamais d'aller la voir. M. Dumont fait remarquer que si on admire universellement la Tour Eiffel, c'est la preuve évidente qu'elle a un certain mérite et cela en dehors même de toute question d'art. M. Dumont demande qu'elle soit maintenue, car elle fait honneur à Paris.

M. LE PRÉSIDENT lit l'article 12 des nouveaux Statuts et, en commentant cet article, il explique que si la Société ne peut émettre de vœux, elle peut, sur une décision prise en Assemblée ordinaire ou extraordinaire, donner mission à son Comité d'agir, en son nom, auprès des Pouvoirs Publics et des corps constitués. Il propose alors à l'Assemblée, de décider que le Comité aura mission d'agir, au mieux, auprès des pouvoirs publics en faveur du maintien de la Tour Eiffel et de la Galerie des Machines.

Cette proposition, mise aux voix, est adoptée à l'unanimité.

M. LE PRÉSIDENT, en constatant cette unanimité, dit que c'est un honneur pour notre Société.

M. L. TURGAN a la parole pour sa communication sur *les Voitures automotrices de chemins de fer à vapeur et à pétrole* (avec projections).

M. TURGAN donne la définition de la *voiture automotrice*, et il rappelle que le problème de la réalisation d'une bonne voiture automotrice a été étudié par beaucoup de constructeurs, et qu'un bon nombre de solutions ont été réalisées et mises en pratique courante.

M. Turgan se propose de décrire les plus intéressants parmi ces types, en les classant, autant que possible, et en donnant, pour chaque type, les caractéristiques principales et les avantages que procurent les dispositions adoptées.

Dans certains cas, l'énergie est fournie par une source indépendante du véhicule : air comprimé, eau chaude, électricité. Ces voitures ne portent alors que les moteurs et on pourrait leur refuser le nom *d'automobiles*, puisqu'elles dépendent de stations de charge et de lignes de transport de force. D'ailleurs, ces systèmes font l'objet de traités spéciaux, dans lesquels ils ont été tous étudiés avec soin ; M. Turgan n'en parlera pas.

La vapeur et les mélanges tonnants obtenus avec de l'air carburé par des benzines ou des alcools permettent, au contraire, de réaliser des véhicules automoteurs, et réellement automobiles au point de vue des voies ferrées.

M. Turgan passe en revue les différentes natures de trafics et, pour chacune d'elles, il examine les conditions que devra remplir l'automotrice correspondante, et il recherche, en même temps, pour chacun de ces trafics, si l'automotrice doit ou peut remplacer les trains.

Pour les *trains rapides de luxe à très grande vitesse*, l'électricité a donné des automotrices qui ont été expérimentées en Allemagne. La vapeur n'a rien donné ; il semble que le pétrole pourrait donner une solution puisque, sur route, une voiture d'une tonne gravit une côte d'un kilomètre en rampe de 10 0/0, à une vitesse de 10 *km* à l'heure. Sur rails, la solution mériterait d'être essayée.

Pour les *trains ordinaires*, le service par automotrices se recommande pour les services intensifs de navette à vitesse commerciale aussi grande que possible, malgré de nombreux arrêts et des battements très faibles aux extrémités, avec des départs très fréquents, un grand nombre de places et la nécessité de marcher dans les deux sens, sans retourner le véhicule et, enfin, la possibilité de faire remorquer un wagon de marchandises ou de messageries de 15 *t*.

Dans cette catégorie, on peut ranger la voiture du Nord T. B. — V. 1 et 2, qui donne une vitesse en palier de 70 *km* à l'heure. On peut aussi ranger dans cette catégorie la voiture du London South Western, celles de Purrey, P.-L.-M. et Orléans.

Le programme de cette catégorie d'automotrices peut se résumer comme suit :

Contenance : 30 places en deux classes ;

Poids : 20 *t* ; dépense au train-kilomètre : 3 *kg* de charbon.

Pour les *chemins de fer secondaires* les automotrices permettent de remplacer les trains lourds à départs peu fréquents par des trains-tramways à départs fréquents. Le programme, dans ce cas, se résume comme suit : contenance : vingt places en deux classes et une plate-forme. Poids 12 *t* en charge et pouvant remorquer, en rampe continue de 35 *mm*, une charge totale de 15 *t* à une vitesse de 12 *km* à l'heure et, en palier, pouvant remorquer 30 *t* à 40 *km* à l'heure. Consommation 2 *kg* à 2,5 *kg* de charbon par voiture-kilomètre.

Au cours de l'exposé qui précède, M. Turgan a été amené à faire la description des différents types d'automotrices qui sont indiqués dans le tableau ci-après :

Vapeur. - *Lignes à voie normale :*

État français ;
Belpaire (Belgique) ;
Thomas (Hesse) ;
Rowan (Danemark) ;
Serpollet (Wurtemberg) ;
Nicolas (Russie) ;
Baldwin ;
New Jersey (États-Unis) ;
Nord V. T. I. ;
Purrey P.-L.-M. ;
— Orléans ;
Nord T. B. V. 1 ;
— T. B. V. 2 ;
De Dion (Hongrie) ;
Komareck (Autriche).

Lignes à voie étroite :

Dinard à Saint-Briac, locomotive-fourgon ;
Drôme.

Pétrole.

Nord français (Panhard et Levassor) ;
Camargue (Seguin) ;
Wurtemberg (Daimler) ;
Drôme (Turgan-Foy).

A titre de conclusions, M. Turgan expose que, même à l'heure actuelle, on constate qu'on se trouve seulement en présence de recherches et d'essais; on ne construit encore qu'une ou deux voitures du même type. A son avis, la question est actuellement très étudiée, et, sous réserve de faire des automotrices capables de constituer, dans leur ensemble, de véritables *trains légers autonomes*, l'avenir réservé à cette nouvelle formule d'exploitation de lignes ferrées est certain et M. Turgan a l'assurance, que nous ne tarderons pas à voir les automotrices très employées.

M. le Président remercie M. Turgan de son intéressante communication.

M. le Président donne la parole à M. H. Lenicque, pour sa communication sur une *Nouvelle théorie de la formation des roches terrestres.*

M. H. Lenicque expose qu'il n'avait pas été satisfait des théories qui ont été formulées devant lui aux cours de ses études, sur la formation des roches terrestres; aussi, ses occupations professionnelles aidant, s'est-il toujours préoccupé de cette question.

Il professe la plus grande admiration, pour tous les savants qui ont fait l'étude et la classification des terrains qui constituent l'écorce de notre planète; il ne veut aucunement discuter ni cette classification, ni les conclusions fort justes qui en ont été tirées, mais il estime qu'on doit donner à leur formation une origine différente de celle qui leur est attribuée.

M. Lenicque vient donc exposer une nouvelle théorie chimique de la formation de la terre et des roches terrestres.

Il constate d'abord que, grâce aux récents travaux de M. Moissan et de ses collaborateurs, travaux qui ont donné de si remarquables résultats en faisant connaître les réactions nouvelles obtenues dans le four électrique, il a été démontré que les affinités chimiques, connues pour les températures pratiquées antérieurement, sont complètement bouleversées aux températures du four électrique.

Comme exemple, il prend le carbonate de chaux : la chaux, à la température ordinaire, a une grande affinité pour l'acide carbonique; si on chauffe le carbonate calcaire dans le four à chaux, la chaleur détruit cette affinité et l'acide carbonique est chassé; si l'on traite la chaux par du carbone dans un four électrique, l'oxygène de la chaux est expulsé, et le calcium devenu libre se combine avec le carbone, pour former du carbure de calcium.

De même pour le carbure de silicium et les autres carbures, dont la fabrication et l'étude sont toutes récentes.

Partant de là, M. Lenicque émet l'idée que, au moment de la condensation de la nébuleuse terrestre, la température générale du noyau condensé étant au moins égale et, probablement supérieure, à la température du four électrique, il n'a pas pu se produire de combinaisons oxygénées, mais seulement des combinaisons binaires : carbures, siliciures, borures, phosphures, arséniures, sulfures, séléniures, etc., seules combinaisons stables à ces hautes températures.

Quant à l'hydrogène, il devait être en combinaison avec les corps comburants : l'oxygène, le chlore et les congénères du chlore, pour for-

mer une atmosphère gazeuse de vapeur d'eau acidifiée par l'acide chlorhydrique ; et au-dessus de cette atmosphère, régnait une couche de gaz libres : oxygène et azote.

Généralisant les combinaisons binaires métalliques, M. Lenicque expose, comme hypothèse probable, qu'il a existé, dans la première masse de la terre condensée, des carbures, siliciures, etc., de tous les métaux, y compris les métaux alcalins, quoique l'on ne soit pas encore arrivé, aujourd'hui, à fabriquer les carbures de potassium et de sodium. C'est là la base de sa nouvelle théorie chimique de la formation des roches terrestres.

Les carbures et siliciures métalliques s'étant condensés à l'état fluide, il a dû se former, dans la masse encore liquide, une superposition plus ou moins nette, par ordre de densité, de ces composés, comme il se forme des liquations dans les alliages en fusion, quand ils se solidifient.

Quand la température générale de la terre a permis les réactions secondaires de l'eau sur la partie superficielle de la sphère terrestre, ce sont les carbures et les siliciures alcalins qui ont dû être attaqués les premiers et qui ont donné naissance aux roches silicatées et ont ainsi produit ce que nous appelons les terrains primitifs. Puis, par des fissures de retrait, l'eau a dû pénétrer au-dessous de ces premiers terrains, pour atteindre des couches de carbures alcalins et alcalino-terreux, qui ont donné lieu à la production de nouvelles roches silicatées, sous la pression de la couche déjà formée, ce qui a amené la formation des premières roches éruptives, porphyres et autres.

Pendant ce temps, les hydrocarbures montaient dans l'atmosphère et y brûlaient en produisant de l'acide carbonique et en régénérant de la vapeur d'eau.

Puis, par des fissures plus profondes, l'eau a dû arriver à la couche des carbures, où dominait le carbure de calcium, d'où production nouvelle d'hydrocarbures combustibles et formation de nappes de chaux qui, se déversant, soit sur les continents déjà émergés, soit dans les mers, ont produit les différentes formations calcaires, auxquelles on avait jusqu'ici attribué une origine exclusivement sédimentaire.

Ces calcaires ont donc dû arriver, d'après M. Lenicque, à l'état de lait de chaux plus ou moins pâteux ; c'est la carbonatation de cette chaux qui a solidifié lentement ces roches et qui a purifié l'atmosphère de l'excès d'acide carbonique qui y rendait plus ou moins impossible toute vie organique.

Ensuite a dû arriver une période de temps où l'eau est parvenue à agir sur des carbures métalliques qui ont produit, non plus seulement des hydrocarbures gazeux, mais encore des hydrocarbures pâteux, qui, semblables à des goudrons surchargés de carbone, sont venus former des nappes qui se sont peu à peu solidifiées, comme se solidifie, dans les machines à briquettes, la pâte charbonneuse imprégnée de brai gras : c'est là la conception de la formation de la houille, telle que M. Lenicque nous la présente.

Comme conclusion, M. Lenicque dit qu'il vient d'ouvrir une nouvelle voie aux géologues qui cherchent à établir la théorie véritable de la génèse de la terre ; son hypothèse ne repose pas encore sur des réactions

vérifiées, mais qu'il regarde comme vérifiables à court délai. Il y a un ensemble de phénomènes chimiques nouveaux révélés par les réactions produites au four électrique; M. Lenicque a essayé d'en tirer des conclusions pour expliquer les premiers phénomènes chimiques géologiques : s'il a le bonheur de voir que cette voie mène nos savants à la découverte de la vérité, il aura atteint le but qu'il s'est proposé, en publiant sa théorie.

M. J. Bergeron ne peut admettre les théories émises par M. Lenicque. Au cas où se seraient formés les siliciures et carbures métalliques, qui jouent un si grand rôle dans ces théories, il paraît difficile, étant donnée la grande profondeur à laquelle ils devraient se trouver, que l'eau ait pu y accéder, car ils devaient être à une température élevée.

Il y a deux siècles, on admettait, déjà, que la houille était un produit de même origine que le bitume et le pétrole. En 1718, Antoine de Jussieu émit pour la première fois l'hypothèse de l'origine végétale de la houille. Depuis, cette dernière théorie a été confirmée à maintes reprises, par Gumbel, Baptiste Renaud, Bertrand et bien d'autres. La transformation des végétaux en houille s'est faite sous l'action de microbes dont on retrouve encore les cellules. Si les microorganismes de la houille n'existent plus maintenant, il n'y a pas lieu d'en être surpris, puisque nous savons que les flores, comme les faunes, n'ont jamais cessé de se modifier.

M. Bergeron estime qu'un autre argument contre l'assimilation de la houille aux hydrocarbures naturels peut être tiré de la composition chimique qui est différente.

Quant aux théories que M. Lenicque reproche aux professeurs actuels d'enseigner, elles sont anciennes et ne figurent plus dans les cours modernes. Le bois comprimé ne devient jamais de la houille, contrairement à la théorie de Sprin. Quant à l'assimilation de la formation de la houille à la distillation en vase clos, M. Bergeron ignore qui a jamais pu l'enseigner.

La présence de la pyrite dans la houille, comme dans tous les autres dépôts sédimentaires, s'explique par la formation de sulfure aux dépens du soufre de la matière organique, sans qu'il faille faire intervenir les sulfures métalliques des profondeurs. Si la matière carburée injecte les végétaux des dépôts houillers, pourquoi n'injecte-t-elle pas les roches poreuses et les fossiles autres que les végétaux ?

Il est regrettable que M. Lenicque n'admette pas les oscillations du sol, pour expliquer les alternances de couches, c'est cependant un fait reconnu de nos jours.

Tous les calcaires qui constituent les grands étages géologiques ont été formés aux dépens de coquilles. L'examen microscopique en fait foi. De nos jours, il s'en forme encore, ainsi que l'ont démontré les recherches du « Challenger », du Porcupine », du « Talisman », du « Travailleur », etc., en particulier dans les courants chauds à l'est de la Floride. Le calcaire servant aux animaux à faire leurs coquilles provient de l'eau de mer, où il a sans doute la même origine que le chlorure de sodium. De plus, les cours d'eau apportent du calcaire dissous.

Le fait que les fossiles trouvés dans les calcaires ne renferment plus de matière organique s'explique par la destruction naturelle de celle-ci dans l'eau, et non par l'action de la chaux vive.

Si cette chaux était venue de bas en haut, c'est-à-dire si elle était éruptive, on devrait en trouver des filons, de même pour la houille, ce qui n'est pas. Les calcaires sont sédimentaires au même titre que les argiles ou les grès.

Si les bancs calcaires, comme toutes les autres roches, sont plissés, ce n'est pas parce que la masse était particulièrement plastique, comme du ciment avant sa prise, mais parce que toutes les roches sont devenues plastiques sous l'action des forces organiques.

M. Lenicque répond que bien des théories autrefois admises et aussi enseignées dans les cours ont été reconnues erronées par la suite, avant qu'on en soit arrivé à celle que défend M. Bergeron. Cette théorie, comme toutes les autres, ne peut être considérée comme une *vérité absolue*. Ce n'est qu'une vérité *relative*, une vérité seulement quant aux faits, si admirablement étudiés par les géologues; elle comporte une série d'hypothèses sujettes à être revisées, en tenant compte des découvertes physiques et chimiques, au fur et à mesure de leur apparition.

M. Lenicque ne revendique aucunement la découverte des carbures métalliques ni de leurs propriétés chimiques, il réclame seulement la priorité dans l'idée d'appliquer à la formation des roches terrestres les découvertes récentes de nos chimistes-électriciens.

Pour la formation des calcaires, M. Bergeron a invoqué la présence de nombreux fossiles dans ces roches, pour attribuer aux coquillages la formation de ces roches elles-mêmes. M. Lenicque demande alors on les mollusques et coquilles ont pris les sels de chaux qui leur étaient nécessaires. M. Bergeron a indiqué que ces sels existaient dans l'eau de mer; M. Lenicque demande alors où la mer a pris ces sels?

M. Lenicque maintient que les divers combustibles minéraux : houilles, lignites, bitumes, ozokérites, pétroles, etc., ont des compositions analogues, et qu'il n'y a guère de différence que dans les proportions des différents éléments constitutifs : hydrocarbures gazeux, liquides, pâteux et solides avec, pour résidu final, un coke plus ou moins friable, que donne même la distillation des pétroles. M. Lenicque maintient aussi que les gaz, oxygène et azote, qui se dégagent des puits de pétrole, proviennent bien des nappes souterraines et ne proviennent nullement de l'air entraîné.

M. Lenicque n'admet pas non plus la théorie microbienne de la formation de la houille, parce que nous savons, aujourd'hui, que chaque ferment ne s'attaque qu'à des cellules organiques d'espèces bien définies et non pas à toutes les cellules organiques; le ferment houillificateur — si ferment il y a eu — ne devait pas échapper à cette règle commune. Mais, même en admettant la réalité de la présence des cellules végétales ayant résisté aux actions successives des fermentations du temps et, enfin, des agents chimiques les plus violents, M. Lenicque estime que cette théorie n'infirme en rien la sienne, puisque sa théorie admet l'existence des fossiles végétaux.

M. Lenicque n'a jamais vu réaliser l'expérience produisant de la pyrite de fer, par la réaction du soufre sur du fer ou de l'oxyde de fer en présence de matières organiques en fermentation ; il n'admet donc pas l'explication donnée par cette réaction pour la présence de la pyrite de fer dans la houille.

M. Bergeron rappelle qu'il a le très grand honneur d'enseigner la géologie à des jeunes gens, il cherche autant que possible à les tenir au courant des faits d'observation et il termine en regrettant qu'on veuille substituer de simples vues de l'esprit à des théories basées sur des faits. Les théories ne doivent pas être des questions de sentiment, les faits priment tout dans les sciences.

M. Guillet présente quelques observations tendant à préciser certains points de théorie cités au cours de l'exposé de M. Lenicque, et en particulier, celui de la formation du dépôt de carbone à l'état de graphite dans la préparation du carborundum.

M. le Président remercie M. Lenicque de sa communication, ainsi que MM. Bergeron et Guillet, pour les observations qu'ils ont présentées. Il rappelle aussi qu'à la Société des Ingénieurs Civils de France chaque membre est responsable de ses opinions, sans que la Société elle-même ait à prendre position dans le débat. C'est pour cette raison que toutes les idées nouvelles peuvent et doivent être exposées en toute liberté à sa tribune.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. J.-H.-F. Berthier, H.-E. Bertrand, H. Blanc, S. Brotherhood, M.-J.-M. Colomb, J.-F. Goguet, C.-M. Honnorat, G.-A. de Katow, Ch.-A.-L. Luc, H.-M.-Ch. Raffat de Bailhac, J.-A. Gadona, P.-J.-R. Postel-Vinay, M. Postel-Vinay, A. Jacquet, comme Membres Sociétaires, et de :

MM. P.-Ch.-A. Durand, H. Grosselin, L.-F.-A. Becourt, comme Membres Associés.

MM. A.-H.-A. de Berlhe, J. Masson, G. Paraf, R.-H.-H. Stanger sont admis comme Membres Sociétaires.

La séance est levée à minuit.

Le Secrétaire,
H. Laurain.

MUSÉE DE PRÉVENTION

DES ACCIDENTS DU TRAVAIL

ET

d'Hygiène Industrielle de Paris

PAR

M. G. DUMONT

MESSIEURS ET CHERS COLLÈGUES,

Connaissant de longue date votre sollicitude éclairée pour tout ce qui peut améliorer la situation des travailleurs que vous avez sous vos ordres directs, nous croyons qu'il est intéressant et utile de vous mettre au courant, les premiers, d'une entreprise qui fera le plus grand honneur à notre industrie et dont la réalisation est très prochaine.

Nous voulons parler de la création, à Paris, d'un Musée de prévention des accidents du travail et d'hygiène industrielle sur le modèle de ceux qui existent depuis plusieurs années déjà dans les autres pays industriels d'Europe.

Pour vous permettre de juger toute l'importance pratique de cette création et dans l'espérance de recueillir non seulement votre approbation, mais aussi votre collaboration matérielle, il me paraît nécessaire de vous exposer l'utilité de ces Musées, de vous faire connaître la façon dont on a compris leur installation pour remplir le but que l'on veut atteindre et enfin ce qui distingue les Musées existants.

Lorsque vous serez ainsi documentés, nous vous demanderons la permission de vous dire comment, grâce au précieux concours que nous avons trouvé auprès des Membres les plus en vue de notre Société, nous avons l'espoir de réaliser très prochainement à Paris, ce qui existe chez nos voisins.

Utilité des Musées de prévention des accidents du travail et d'hygiène industrielle.

Le 3 juin dernier, notre Président, M. Bodin, a eu la gracieuseté de nous prêter la salle des séances de la Société, pour entendre une conférence de M. Tollmann, venu tout exprès d'Amérique pour nous exposer ce qu'ont fait les industriels pour améliorer la situation de leur personnel.

Cette séance, qui était présidée par M. Bodin et par moi et à laquelle avaient été convoqués les Membres de notre Société en même temps que des personnalités importantes, a soulevé le plus vif intérêt, malgré les difficultés que le conférencier éprouvait à s'exprimer en notre langue. C'est qu'il avait eu soin de faire passer sous nos yeux une très remarquable collection de vues prises dans tous les pays, pour nous montrer les améliorations de toutes sortes apportées dans leurs établissements par des industriels philanthropes, dans le but d'accroître le bien-être ouvrier et de diminuer autant qu'il est possible les chances d'accidents et de maladies auxquels sont malheureusement et inévitablement exposés les travailleurs dans l'exercice de leurs professions, quelles que soient d'ailleurs ces professions.

Nous avons pu ainsi nous convaincre que partout, à l'heure actuelle, on se préoccupe de ces questions, ce qui fait honneur aux civilisations modernes.

Laissez-moi vous rappeler que, en ce qui concerne la question des accidents professionnels, l'extension presque générale des appareils à vapeur et l'emploi de plus en plus grand des machines-outils dans toutes les branches de l'industrie ont eu pour conséquence d'accroître dans une proportion considérable les accidents de personnes.

Il fallait donc trouver un remède à cette situation créée par la nécessité de substituer au travail purement manuel le travail mécanique.

C'est alors que nous avons vu se constituer des Associations de propriétaires d'appareils à vapeur et des Associations de prévention des accidents du travail dans les Manufactures.

Ces Associations procèdent toutes de même : les industriels qui y sont affiliés paient une cotisation proportionnelle à l'importance de leur établissement, mais toujours modique si on considère les services rendus. En effet, des Inspecteurs compé-

tents et j'ajoute tous entièrement dévoués et zélés visitent périodiquement les usines, effectuent les expériences nécessaires, indiquent au chef d'industrie les mesures préventives qui s'imposent, lui signalent les améliorations qu'ils considèrent utiles ou désirables. Grâce à eux, le chef d'industrie est certain, s'il exécute les prescriptions indiquées, d'être d'abord en règle avec les lois en vigueur et ensuite d'avoir fait ce qu'il était humainement possible pour sauvegarder son personnel.

Notre Collègue et ami M. Compère vous a souvent entretenu des résultats importants obtenus dans la voie que je viens d'indiquer par les Associations des propriétaires d'appareils à vapeur dont il est le représentant le plus autorisé. Je n'insiste donc pas sur le rôle de ces Associations, et je passe immédiatement aux autres.

Les Associations de prévention pour les accidents du travail sont au nombre de trois en France, savoir :

L'Association normande constituée en 1880, dont le siège est à Rouen et dont le champ d'action s'étend dans cinq départements de l'Ouest;

L'Association des Industriels de France, dont le siège est à Paris, qui a été créée en 1883, par notre ancien Président, Émile Muller; elle a été reconnue d'utilité publique en 1891: elle comporte actuellement plus de 3 000 adhérents occupant ensemble plus de 300 000 ouvriers et elle étend son action dans soixante-dix-huit départements;

Enfin, l'Association des Industriels du Nord, filiale de la précédente, puisqu'elle est née, en 1896, d'une scission des Industriels du Nord, affiliés jusqu'à cette date à l'Association des Industriels de France. Elle étend son action dans trois départements.

Ces trois Associations, qui comptent en tout 4 000 adhérents, veillent sur la sécurité de 500 000 ouvriers.

Le nombre total des ouvriers de fabriques en France pouvant être estimé à 5 millions environ, on ne peut que déplorer que, malgré l'ancienneté des services rendus, il y ait encore un trop grand nombre de patrons qui négligent de s'affilier aux Associations de prévention. Mais vous savez, hélas! que les progrès sont lents en toute chose.

Ce qui nous console, c'est que chaque année le nombre des adhérents à ces utiles institutions augmente malgré la fausse croyance, encore trop répandue, qu'un chef d'industrie a rempli tout son devoir quand il s'est assuré contre les risques professionnels.

Vous savez, Messieurs, que l'Association des Industriels de France ne se contente pas de visiter les usines de ses adhérents, de répandre par ses publications la connaissance de tous les engins de protection les plus efficaces qui ont été inventés tant en France qu'à l'étranger, mais qu'elle institue chaque année un concours international dans le but de provoquer l'invention d'organes protecteurs nouveaux ou l'amélioration de ceux qui existent déjà. M. Mamy nous a souvent entretenus des résultats de ces concours qui ont doté les diverses industries d'appareils remarquables.

Vous voyez que les efforts des Associations de prévention, en France, sont efficaces et des plus méritoires. A l'étranger et principalement en Allemagne, on constate des efforts du même genre et on se préoccupe, de plus, de l'hygiène des travailleurs. On cherche à introduire dans l'atelier les mesures prophylactiques de nature à prémunir le personnel contre les maladies occasionnées par l'agglomération dans un même local d'un grand nombre d'individus ou par la manipulation de matières premières dangereuses.

On fait plus encore : on se préoccupe de donner à l'ouvrier le bien-être compatible avec les exigences de la profession. Et cette sollicitude à l'égard du travailleur découle tout d'abord d'un sentiment humanitaire, mais aussi de cette idée : qu'il importe, pour la prospérité générale d'un pays, d'avoir une armée de travailleurs en bonne santé, capables, par conséquent, de fournir toute la somme de travail possible, tandis que les malades ont un rendement inférieur et sont une cause de dépenses pour la collectivité.

Mais comment atteindre le but indiqué ?

Les efforts des Associations de prévention suffisent-ils?

L'expérience prouve que, malgré ces efforts, beaucoup de patrons et une quantité d'ouvriers ne prennent pas les mesures de conservation nécessaires par ignorance. L'étude des appareils protecteurs ou hygiéniques demande du temps et une certaine attention. Beaucoup les ignorent et contestent leur utilité parce qu'ils ne les ont point vus. D'autres s'imaginent à tort qu'ils constituent une gêne pour le travail et les repoussent ainsi de parti pris.

C'est pour résoudre cette difficulté que l'on a créé à l'étranger les Musées de prévention des accidents du travail et d'hygiène industrielle ou, pour traduire d'une manière plus générale le

but que l'on se propose : les Musées de prévention et du bien être ouvrier.

On y expose non seulement des dessins et des modèles d'appareils protecteurs, mais autant que possible ces appareils en vraie grandeur montés sur les machines en marche auxquelles ils sont destinés, de sorte que le visiteur peut juger du résultat obtenu et des facilités d'emploi. On y accumule également tout ce qui se rapporte à ce bien-être ouvrier que nous avons défini plus haut, et on vulgarise ainsi tous les renseignements de nature à atteindre le double but cherché.

Il existe actuellement cinq grands Musées à l'étranger :

Ce sont les Musées de Zurich, d'Amsterdam, de Vienne, de Munich et de Charlottenbourg, près Berlin.

Nous allons vous donner quelques renseignements sur les quatre derniers qui nous ont paru les plus intéressants :

Le *Musée de Vienne* a été créé, en 1890, sur l'initiative du docteur Migerka. Il contient plus de cinq cents modèles d'appareils protecteurs et de dispositifs d'hygiène; le Musée organise des expositions temporaires dans les principaux centres industriels du pays.

Le *Musée d'Amsterdam*, créé en 1891, par l'initiative de l'Association pour l'accroissement de l'industrie manufacturière dans les Pays-Bas, comprend des modèles et des appareils protecteurs disposés sur des machines en mouvement. Il est subventionné largement par l'État et par la Ville d'Amsterdam.

Les renseignements que nous allons maintenant vous donner sur les Musées de Munich et de Charlottenbourg, les derniers créés, vont me permettre de vous expliquer comment on a compris le rôle de ces sortes d'expositions permanentes.

Musée de Munich. — C'est au début de l'année 1900 que le Ministre de l'Intérieur de l'État de Bavière décida la création, à Munich, d'un Musée du bien-être ouvrier, qu'il plaça sous la haute direction de M. Karl Poellath, Inspecteur central de fabriques.

Ce Musée a été ouvert au public le 21 octobre 1900.

Il est installé dans une partie de la grande fabrique de papiers « Munich Dachau » qui a généreusement offert le local nécessaire; ce local se compose, au premier étage de l'usine, de cinq salles d'une superficie totale d'environ 425 m^2.

Deux de ces salles sont consacrées à la sécurité du travail et à l'hygiène industrielle ; une troisième est affectée spécialement à l'industrie du bâtiment ; la quatrième contient une série de modèles se rapportant plus particulièrement au bien-être ouvrier. Enfin, dans la cinquième salle, on a installé une bibliothèque.

Les collections ont été constituées grâce à la générosité des industriels et des constructeurs, qui ont offert au Musée les modèles et les machines soit à titre de don, soit à titre de prêt.

Les fonds nécessaires au premier établissement et à l'entretien ont été fournis par le Ministère de l'Intérieur et par l'Association Polytechnique de Munich. La direction du Musée est secondée par un Conseil technique.

En outre des visites faites aux collections, l'Administration du Musée organise des conférences sur les sujets relatifs à la prévention des accidents et à l'hygiène professionnelle, ou se rapportant au bien-être des ouvriers.

Les livres et les périodiques composant la bibliothèque peuvent être prêtés pour un laps de temps n'excédant pas quinze jours et moyennant un simple reçu.

Enfin l'Administration organise, en s'inspirant des circonstances, des expositions temporaires spéciales sur des sujets concernant la protection du travail. C'est ainsi qu'au mois de juin dernier, elle installait dans les locaux de l'usine, encore prêtés gratuitement à cet effet, une exposition des dispositifs protecteurs pour les ascenseurs et monte-charges.

Le Musée a une publication qui lui est personnelle. C'est la description illustrée des principaux appareils et dispositifs qui figurent dans ses collections. Elle paraît par feuillets de quatre pages dont la série composera plus tard le catalogue du Musée.

Au mois de septembre 1902, les collections comprenaient déjà 1 323 objets, dont 394 se rapportant à la sécurité du travail, 246 à l'hygiène industrielle, 317 au bien-être matériel et moral des ouvriers et 366 à la littérature spéciale.

Ce Musée, œuvre de l'initiative privée, est très fréquenté par les ouvriers, auxquels il rend des services incontestables.

Musée de Charlottenbourg. — Le Musée de Charlottenbourg, près Berlin, est dû, comme celui de Munich, a la collaboration des pouvoirs publics et de l'initiative privée.

En 1889, il s'était tenu à Berlin une exposition générale contre

les accidents du travail. A la suite de cette exhibition qui avait parfaitement bien réussi, l'office impérial des assurances avait conçu le désir de réunir en un Musée spécial les collections les plus intéressantes qui y avaient figuré. Mais ce n'est qu'en 1899 que le Parlement allemand, saisi d'un projet dans ce sens, accorda les fonds nécessaires à sa réalisation. Il vota des crédits s'élevant à 1 043 000 marks (1 303 750 *f*) pour l'achat du terrain et la construction des bâtiments. Quant à l'entretien du Musée, il lui affecta 30 000 marks (37 500 *f*) pour 1902 et 40 000 marks (49 000 *f*) pour 1903.

L'inauguration officielle s'est faite le 13 juin 1903.

Administré par trois commissaires spéciaux sous la haute direction du Ministère de l'Intérieur, le Musée occupe, à Charlottenbourg, aux portes de Berlin, un emplacement de plus de 7 000 m^2.

Ses organisateurs ont voulu en faire une exposition permanente non seulement de ce qui se rapporte à la prévention des accidents et à l'hygiène, mais de toutes les institutions ayant pour but le bien-être ouvrier. Ils ont entendu tenir leur œuvre au courant de tous les progrès réalisés, éliminer les dispositifs devenus anciens, pour les remplacer par de nouveaux, plus parfaits, au fur et à mesure que cette substitution deviendra possible.

Ils ont voulu aussi présenter, autant que faire se peut, les appareils de sécurité, non pas à l'état de modèles réduits, mais appliqués à des machines de grandeur naturelle et en fonctionnement, de façon que les ouvriers qui visiteront le Musée y retrouvent une image presque fidèle de l'atelier.

Le bâtiment du Musée se compose de trois parties :

1° Le bâtiment de l'administration, qui comprend, au rez-de-chaussée, les bureaux; au premier étage, le logement du monteur-mécanicien, la bibliothèque et le musée spécial de la tuberculose ;

2° Le grand hall, ayant la forme d'une croix à bras inégaux. Le rez-de-chaussée, d'une superficie de 1 610 m^2, reçoit toutes les machines qui doivent être présentées en marche. Elles sont au nombre de quatre-vingt-cinq. Une transmission mue par des moteurs électriques permet de mettre en marche les machines par groupe, suivant les besoins. Une galerie supérieure, d'une superficie de 818 m^2, est réservée à de nombreux appareils, modèles, et à plus de 1 000 dessins et photographies ;

3° Le bâtiment de l'administration et le grand hall sont réunis

par un vestibule au rez-de-chaussée. Au-dessus de ce vestibule se trouve une salle de conférences avec cent quatre-vingt-seize places assises.

Pour constituer les collections du Musée, l'Administration a fait appel au concours des constructeurs et des inventeurs. Elle leur a offert gratuitement la place et la force motrice, estimant qu'ils trouveraient intérêt à donner la grande publicité du Musée à leurs machines et à leurs inventions. Elle les a même autorisés à placer à côté de chaque objet des prospectus, mis à la disposition du public. Elle a compté aussi sur l'appui de tous les groupements intéressés à l'œuvre du Musée et, particulièrement, des corporations syndicales.

Elle s'est réservé, d'ailleurs, le droit de n'accepter que les objets qu'elle estimera pouvoir figurer utilement dans les collections; ces objets sont considérés comme prêtés temporairement et l'Administration peut, en tout temps, les remettre à la disposition des prêteurs qui devront les enlever.

Les intéressés ont accueilli avec un tel empressement l'offre qui leur était faite que le Musée est rempli et qu'il est déjà question de l'agrandir.

Le Musée de Paris.

Vous avez pu juger, Messieurs, par ce que nous venons de vous dire quelle est l'importance des Musées installés à l'étranger et leur utilité. Le Musée de Charlottenbourg nous paraît être actuellement le type le plus intéressant de ces établissements.

Le Gouvernement allemand est venu puissamment en aide à ses fondateurs en leur octroyant non seulement des subsides importants pour l'installation du Musée, mais des subventions annuelles pour assurer son entretien et son développement graduel,

Le fondateur et premier président de l'Association des Industriels de France, notre Collègue, Émile Muller, avait désigné, en mourant, comme son successeur le plus apte à faire progresser l'œuvre à laquelle il s'intéressait d'une façon toute particulière, M. S. Périssé.

Notre Collègue s'est adonné avec un zèle infatigable à faire prospérer l'œuvre qui lui était ainsi confiée, et c'est à lui que l'on doit, en même temps qu'à M. Simon, le secrétaire général

et à M. Mamy, le directeur de l'Association, le grand degré de prospérité de cette dernière.

Mais depuis longtemps déjà ces messieurs, ainsi que les Membres du Comité exécutif et de direction, avaient compris que le digne couronnement de l'œuvre était la création, à Paris, d'un Musée de prévention.

Cette pensée n'a cessé de préoccuper M. Périssé pendant sa longue présidence de plus de quinze années; il chercha les moyens pratiques de la réaliser. Il fallait se procurer pour cela des ressources indépendantes de celles de l'Association elle-même et dont l'emploi est nettement défini par les statuts.

A force de patience, on réussit à assembler, au siège de l'Association, un certain nombre de modèles intéressants, destinés à former le noyau du Musée; mais l'emplacement, devenant bientôt insuffisant, on en fit don au Conservatoire des Arts et Métiers qui leur donna asile dans ses collections.

En 1900, l'Association avait organisé une exposition importante dans la classe 21. Elle y présentait, en même temps qu'un certain nombre de modèles d'appareils de sécurité, plusieurs organes protecteurs sur des machines en mouvement.

C'était une innovation qui eut le plus grand succès et cette exposition, dont plusieurs d'entre vous ont conservé le souvenir, intéressa vivement les visiteurs français et étrangers.

Elle valut à l'Association un diplôme d'honneur et on pensait que les appareils et machines exposés pouvaient constituer l'embryon d'un Musée qu'il eût été intéressant de fonder à l'issue de l'exposition si les circonstances l'eussent permis.

Cependant, en prévision de cette création, les objets exposés en 1900 furent gracieusement réservés par leurs propriétaires pour figurer plus tard dans le Musée que l'on se préoccupait toujours de créer.

Nous avons repris cette question en 1902. Après avoir consulté le Conseil de Direction sur l'opportunité d'entrer résolument dans la voie de l'exécution, et avoir obtenu son approbation, après avoir recueilli de même l'adhésion de nombreux et importants chefs d'industrie, nous avons constitué un Comité d'initiative.

Les noms des Membres de ce Comité : MM. Cheysson, Inspecteur général des Ponts et Chaussées; Buquet, notre sympathique ancien Président, Directeur de l'École Centrale, sur le concours duquel on est toujours certain de compter quand il s'agit de la

création d'une œuvre utile ; Honoré et Carmichael, auxquels ont été adjoints le Président et le Directeur de l'Association, ainsi que son Président honoraire, M. S. Périssé, indiquent suffisamment l'importance que ceux qui les ont nommés attachaient à la réussite de l'entreprise.

Ce Comité a beaucoup travaillé. Il s'est tout d'abord préoccupé de connaître à fond ce qui avait été fait dans ce sens à l'étranger. M. Mamy a visité quelques-uns des Musées déjà installés, a recueilli des renseignements détaillés sur les autres et a pu faire ainsi un rapport circonstancié sur les conditions de leur installation et de leur fonctionnement.

C'est un devoir pour moi, Messieurs, de rendre un éclatant hommage à nos collègues qui n'ont épargné ni leur temps ni leurs efforts pour préparer sûrement la réalisation de l'importante création qui nous occupe.

M. Cheysson, qui s'est consacré à l'étude des questions ouvrières, comptait nous faire cette communication ; je regrette bien vivement, pour vous, que ses occupations le retiennent en ce moment hors de Paris ; il vous eût dit, avec son éloquence habituelle, que deux moyens se présentaient à nous pour fonder le Musée :

On pouvait créer une œuvre particulière à l'aide de subventions recueillies parmi les industriels et les groupements intéressés, ou installer le Musée au Conservatoire national des Arts et Métiers, toujours à l'aide de subventions privées, l'État n'étant guère disposé, en ce moment, à contribuer, pécuniairement, à des créations nouvelles, quelque intéressantes soient-elles.

Le premier moyen avait l'avantage de laisser l'initiative privée absolue maîtresse de sa création, mais il fallait trouver un local assez vaste, situé dans le centre de la ville, dans un quartier facilement accessible aux patrons et aux ouvriers auxquels le Musée est destiné. Nous avons reculé devant l'énorme dépense à laquelle nous nous trouvions ainsi entraînés, sous peine d'aboutir à une exposition mesquine et peu digne de Paris.

Le deuxième moyen avait l'incontestable avantage d'être d'une réalisation moins difficile, de concentrer, dans un seul établissement déjà fréquenté par les industriels et la population ouvrière, tous les moyens de sécurité qui sont le complément des machines dont le Conservatoire est le Musée officiel et autorisé.

Cependant, il fallait y trouver la place nécessaire, ce qui était

une grosse difficulté, et il convenait, en outre, qu'une entente intervînt entre l'Administration de ce grand établissement d'enseignement technique et les créateurs du Musée, afin de laisser à ces derniers l'initiative nécessaire pour conserver à l'œuvre le caractère pratique qui doit assurer son succès.

Je ne vous retracerai pas les longs pourparlers qui durent s'engager avant d'obtenir une solution de nature à satisfaire les deux intérêts en présence. Mais ce que je tiens à déclarer très hautement, c'est que la question a été heureusement résolue au gré des deux parties grâce à l'esprit très libéral avec lequel elle a été traitée par M. le Président du Conseil d'administration et par l'éminent Directeur du Conservatoire des Arts et Métiers.

Une Commission d'études composée mi-partie de Membres du Conseil d'administration du Conservatoire et de Membres du Conseil de direction de l'Association, qui ne sont autres que les Membres déjà nommés du Comité d'initiative du Musée, a été chargée de déterminer les conditions dans lesquelles doit être créé le Musée. Il lui sera affecté un emplacement très suffisant, non seulement pour le présent, mais pour l'avenir en tenant compte de son extension certaine, et, j'espère, rapide.

Ce Comité d'études sera remplacé, le Musée une fois installé, par un Comité technique composé comme le précédent, et dont la fonction consistera à choisir les appareils nouveaux dignes d'être exposés, en un mot à résoudre toutes les questions qui se rapportent à son entretien et à son développement.

Je crois, Messieurs, que cette solution est la meilleure dans l'intérêt de l'œuvre dont nous avons pris l'initiative et dont nous poursuivons la réalisation.

Comme je vous le disais tout à l'heure, si le Conservatoire national des Arts et Métiers donne le local, ce qui est beaucoup, les industriels, que nous représentons dans la circonstance, doivent apporter les premiers fonds indispensables à l'installation du Musée et assurer son entretien annuel.

C'est pourquoi les Membres de la Commission d'initiative ont fait un appel aux grands industriels, aux groupements syndicaux, aux Compagnies d'assurance contre les accidents, etc., pour recueillir les dons nécessaires.

Les résultats acquis à l'heure actuelle sont très satisfaisants et nous autorisent à penser que, dans un bref délai, nous serons en possession d'une somme suffisante pour poser la première pierre de l'édifice. Vous savez que c'est cette première pierre qui

est la plus difficile à trouver, car on vous demande à quoi elle servira.

Or que voulons-nous faire?

Un Musée de prévention des accidents du travail, avec exposition toujours au niveau du progrès des appareils protecteurs sur des machines en marche comme à Charlottenbourg, et un Musée d'hygiène industrielle. Nous avons l'ambition de présenter au public intéressé la solution rationnelle et pratique (j'insiste sur ce dernier mot) de tous les problèmes que comporte cette branche si intéressante du bien-être ouvrier : l'heure est en effet venue pour l'industrie, d'aborder franchement ces questions.

L'humanité, d'une part, l'intérêt bien compris des patrons, de l'autre, est d'introduire dans les agglomérations ouvrières les précautions qui peuvent être prises, sans nuire aux intérêts matériels, pour assurer l'observation des règles que l'hygiène moderne, nous indique pour maintenir la santé, et, par suite, la puissance de travail de leurs collaborateurs.

Telle est l'œuvre, Messieurs, je crois l'avoir suffisamment définie; il ne me reste plus qu'à vous la recommander.

J'entendais dire, dernièrement, à l'un des Membres de notre comité, qui fait partie d'une Société importante s'occupant aussi de l'amélioration du sort des ouvriers au point de vue matériel, qu'à l'issue d'une conférence en faveur de cette œuvre un auditeur convaincu avait adressé un don de 100 000 *f.*

Le conférencier avait eu le rare mérite de bien présenter le but et la portée de l'œuvre. Aurons-nous le même bonheur? C'est peu probable : les donateurs aussi généreux sont rares. Mais nous souhaitons que quelques-uns d'entre vous puissent nous apporter leur concours, quelque modeste soit-il, car les petits ruisseaux font les grandes rivières.

LES ANCIENNES CHARRUES

DE LA GRÈCE ET DE L'ITALIE[1]

PAR

M. H. CHEVALIER

GRÈCE

En Grèce, les dieux se disputèrent l'honneur d'avoir inventé la charrue, ou plutôt les poètes en firent tour à tour don à leurs divinités préférées; c'est ainsi que Bacchus, Jupiter, Athénée et Cérès passent pour avoir appris à Triptolème l'art du labourage.

Pline attribue cette invention à Buzygès, ce qui ne nous apprend rien, car Buzygès signifie celui qui lie les bœufs sous le joug, et est une épithète d'Athénée.

La première fois que la charrue apparaît dans l'histoire grecque, c'est à Marathon.

L'antiquité nous a légué de nombreuses représentations du héros inconnu qui combattit les Perses, n'ayant pour toute arme que sa charrue *(fig. 1)*, ce qui lui fit donner le nom d'Echetlès par l'oracle qui prescrivit des fêtes en son honneur, le manche de la charrue (en grec *Echetlè)* étant ici pris pour désigner le tout. Ce guerrier (?) est reproduit fréquemment sur les bas-reliefs des urnes funéraires de l'Étrurie; sa charrue était une simple fourche d'orme probablement.

La collection réunie à l'institut d'Hohenheim, par le docteur Rau, contient le modèle d'une ancienne charrue de Sicile, tout à fait analogue à la précédente et aussi primitive. Ce sont les types les plus anciens qui nous soient parvenus, Il est, du reste, difficile d'imaginer quelque chose de plus simple que ces instruments, d'une seule pièce, dont l'équilibre ne pouvait être maintenu que par un effort constant du laboureur, forcé de se plier pour saisir dans ses mains le corps même de la charrue, les mancherons n'existant pas. Aussi est-il certain que l'addi-

(1) Voir les figures pages 340 et 341.

tion d'un morceau de bois servant de manche fut le premier perfectionnement réalisé.

Rich donne de cet araire (1) un dessin *(fig. 2)*.

Dans les travaux de M. Grandvoinnet sur les charrues, on trouve la description d'un ancien modèle usité en Morée, et qui paraît dériver directement de la charrue égyptienne. C'est une sorte de bêche à long manche, à laquelle on a adapté un age soutenu par un étançon. Le soc est en forme de pelle avec la partie antérieure en fer. Suivant la nature du terrain, cet araire est tiré par un cheval, par deux ânes ou par des bœufs ou buffles *(fig. 3)*.

Le groupe en terre cuite provenant de Tanagra, et actuellement au Louvre, est probablement, d'après M. le docteur Hamy, la plus ancienne représentation de la charrue décrite par Hésiode. Ce groupe remonterait au VII^e^ siècle avant notre ère *(fig. 4)*.

Dès cette époque reculée, l'araire comprend déjà l'age, le timon, le sep avec son soc, et le mancheron, c'est la charrue composée, πηκτὸν ἄροτρον, par opposition à la charrue simple αὐτόγυον ἄροτρον, la fourche du héros de Marathon. Pour sa construction, Hésiode s'exprime ainsi :

« Quand tu rencontreras sur la montagne ou dans la plaine quelque *morceau d'yeuse* propre à faire un corps de charrue, hâte-toi de le transporter dans ta maison, nul ne supportera mieux la fatigue du labourage, lorsqu'un serviteur de Minerve l'aura attaché avec de fortes chevilles à la pièce où s'enclave le soc et au timon. Il te faut deux charrues. Occupe-toi en ta demeure du soin de les construire ; que l'une soit d'une seule pièce, et l'autre composée. Les timons les moins sujets à être attaqués par les vers sont *en laurier* ou en orme ; le chêne convient mieux à la partie où s'attache le soc et l'yeuse au corps de la charrue, etc. »

Le grand progrès réalisé par ce modèle c'est la stabilité ; la fatigue du laboureur est diminuée, celui-ci n'a plus à s'occuper que de la profondeur et de la direction du labour.

M. le docteur Hamy a retrouvé cette charrue, sans grand perfectionnement, sur tous les rivages de la Méditerranée, de la Grèce à l'Espagne. Un vase de la collection Campana montre le

(1) Araire est un mot provençal, qui vient d'*aratrum*, et désigne la charrue sans roues, tandis que charrue vient de *carruca*, voiture, et ne devrait être employée que pour la charrue à avant-train.

laboureur, un pied sur le sep, frappant ses deux mulets tout en guidant sa charrue, qui est la charrue d'Hésiode *(fig. 5)*.

On employait les bœufs pour les terres fortes et les mulets pour les terres légères; c'est encore une charrue presque semblable que reproduit une coupe de la fabrique de Nicosthènes: l'age est prolongé par une flèche et les différentes parties sont assemblées par des clous ou des liens *(fig. 6)*. L'assemblage du soc sur le sep et de la flèche sur l'age se distingue également très bien sur un vase peint de la collection de Luynes *(fig. 7)*.

La forme des socs a varié considérablement en Grèce suivant les époques et suivant les contrées. Il fut droit d'abord, puis courbe, pointu ou plat, en cœur ou en fer de lance. Malheureusement il est difficile de dire vers quelle époque les socs en bois durci au feu furent remplacés par des socs en airain d'abord, puis par des socs en fer.

M. Gennadius, Directeur de l'Agriculture à Chypre, a bien voulu me donner des détails très intéressants sur les anciennes charrues grecques et m'a envoyé le dessin de l'araire actuel de l'île de Chypre *(fig. 8)*. C'est un type qu'il estime remonter à la plus haute antiquité et qu'il s'est efforcé d'améliorer sans en changer les formes générales afin de ne pas heurter les coutumes traditionnelles des habitants de l'île; ses efforts ont, du reste, été couronnés de succès.

Quoique, par sa position géographique, Chypre appartienne à l'Asie, sa charrue est une charrue grecque, ce qui justifie sa place dans cette notice. En voici la description d'après la brochure Τὸ νέον κυπριακὸν ἄροτρον de M. Gennadius. Ces instruments, communément appelés aujourd'hui *aletro* ou *aletri* (du grec ancien ἄροτρον), sont tout en bois avec un soc en fer; c'est généralement le cultivateur qui assemble lui-même (comme du temps d'Hésiode), les pieux de bois qu'il a coupés dans la forêt. Il achète seulement pour *2,50 f* ou *5 f* le soc, les chevilles et les bagues en fer dont il a besoin. Quand ces charrues sont faites par des ouvriers spéciaux, elles valent de *7,50 f* à *16 f*, les dimensions variant suivant les régions, car les charrues sont plus grandes dans la plaine que dans la montagne.

Le *sep* (1) (grec ἔλυμα), appelé aussi le pied, a environ *1 m* de long et est en bois dur. Quelquefois la plante ou sole en est légèrement concave; on obtient ainsi une grande diminution dans le

(1) Dans la charrue chypriote le sep justifie pleinement l'étymologie latine de son nom, *cippus* voulant dire pieu.

frottement et une compensation à l'usure des deux extrémités de cette pièce, le talon s'usant à la sortie de terre et la pointe à l'entrée de l'instrument. Si la sole était droite à l'origine elle deviendrait convexe par l'usage et la charrue aurait une forte tendance à sortir de terre.

Le *mancheron* (grec ἐχέτλη) est formé d'une branche de bois dur droite ou courbe, longue de 0,80 *m* environ, assemblée sur le sep avec une forte inclinaison vers l'arrière. Il y a, sur le sep, un espace libre d'environ 0,20 *m*, sur lequel le laboureur met le pied quand il veut augmenter le poids de son instrument. Dans quelques pays, le sep et le mancheron sont pris dans une même branche de forme convenable.

La *poignée* (grec χειρολαβίς ou communément χερχόι) est une petite branche de 0,10 *m* de long assemblée à la partie supérieure du mancheron.

L'*age* (grec γύης) s'assemble sur le sep et est incliné du côté opposé au mancheron, on choisit une pièce de bois dur, sans fente, et courbé naturellement. Son assemblage dans le dos du sep s'appelle en grec ὄνυξ (talon).

Le *timon* (grec ἱστοβοεύς) s'assemble en sifflet avec l'age ; on réunit les deux pièces avec des chevilles en bois et des bagues en fer. Le timon a environ 2 *m* de long, et porte à sa tête deux ou trois chevilles appelées cornes; elles servent à attacher la flèche au joug au moyen d'une lanière de cuir brut (λουρικη). Quelquefois le timon est percé de plusieurs trous qui servent à fixer la clé qui remplace les chevilles. Dans les sols légers, on choisit pour timon une branche courte dont l'extrémité est relevée pour augmenter la tendance à l'entrure.

La *flèche* (grec ρυμός) est l'ensemble formé de l'age et du timon.

Le *coutre* (grec σπάθη), placé en avant de l'age, est une pièce de bois qui relie l'age et le sep, et sert à régler la hauteur de l'age ainsi qu'à dévier les mottes de terre accumulées sur le sep; c'est plutôt ce que l'on appelle, en Europe, un étançon.

Les *ailes* ou oreilles (grec πτερὰ, ὦτα) sont des pièces de bois placées à droite et à gauche du sep et fixées sur lui ; en avant, elles sont maintenues par les joues du soc qui les emboîtent solidement. Les oreilles et le coutre sont à peu près les seuls perfectionnements apportés à cette charrue depuis Hésiode.

Le *soc* (grec ὖννις), formé de très bon fer venant de Russie ou de Suède, est aciéré à son extrémité. Dans les sols pierreux

GRÈCE

Fig.1.

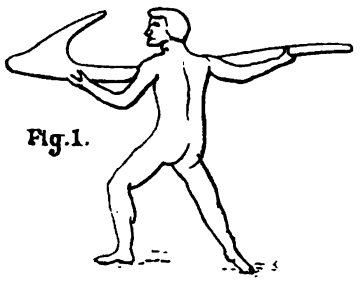


Fig.2.

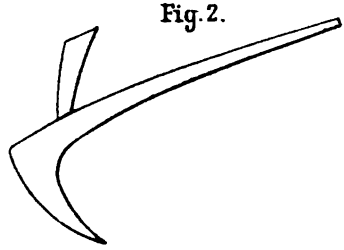


Fig.3
Ancienne charrue de Morée

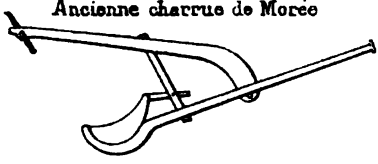


Fig.4.
Groupe en terre cuite de Tanagra (Louvre)

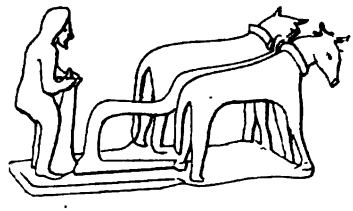


Fig.5.

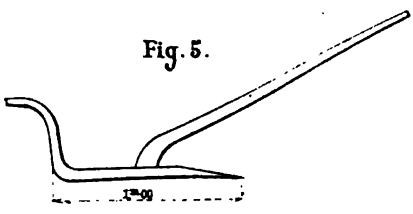


Fig.6

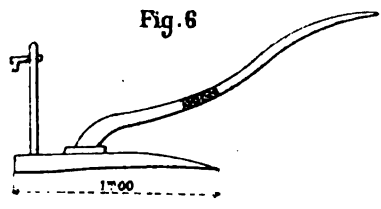


Fig.7

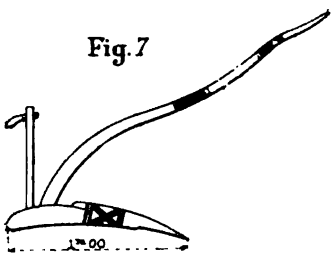


Fig.8.
Charrue de Chypre

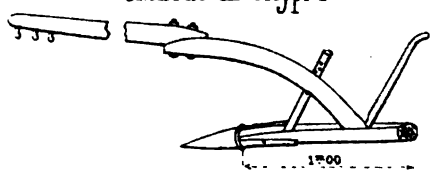


Fig.9.
Nouvelle charrue Cypriote

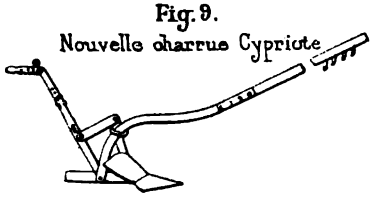
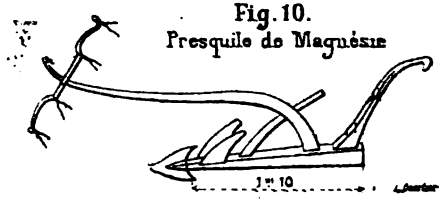


Fig.10.
Presquile de Magnésie



ITALIE

Fig. 11.
Araire Etrusque

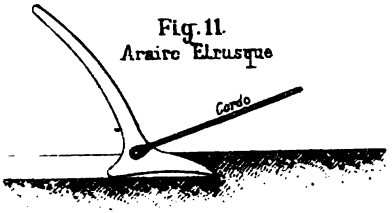


Fig. 12.
Araire Antique (Sicile)

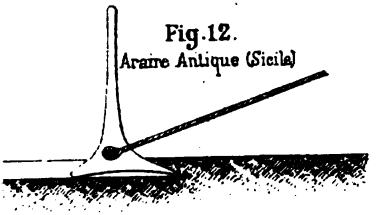


Fig. 13
D'après une pierre gravée du Cabinet de Florence

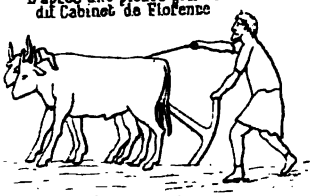


Fig. 14.
Laboureur Toscan groupe de bronze trouvé à Arezzo Etrusque

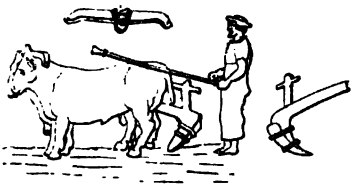
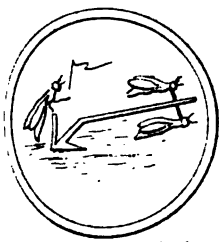


Fig. 15.



Bague trouvée en Sicile

Fig. 16
Médaille de la famille Vibia

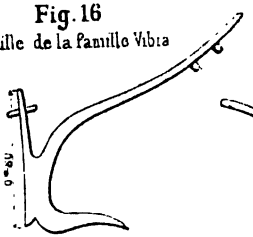


Fig. 17.

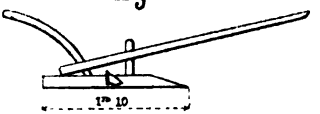


Fig. 18
Araire

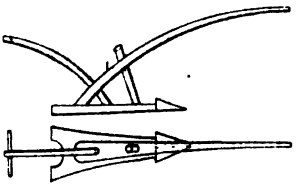


Fig. 19
Araire des environs de Rome

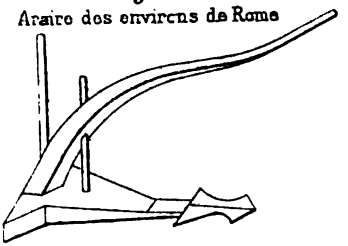


Fig. 20

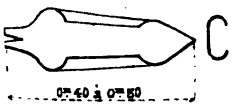


Fig. 21

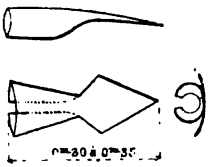
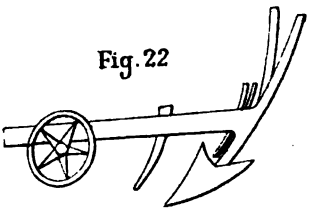


Fig. 22



comme l'Attique et l'Archipel, le soc a la forme d'une plaque triangulaire de 0,30 à 0,40 *m* de longueur dont on replie les ailes en dessous. Dans les plaines de la Thessalie ou de la Macédoine, le soc est en fer de lance et la queue passe dans une rainure creusée à la partie supérieure du sep.

Toute primitive qu'elle est, cette charrue présente certains avantages qui justifient son emploi pendant tant de siècles : son prix d'abord, facilement accessible à tous, sa légèreté ensuite; remuant peu de terre, elle permet, avec de faibles animaux, de travailler des terres même collantes. Enfin, étant tout en bois, l'agriculteur peut la réparer lui-même. Aussi M. Gennadius s'est-il efforcé de conserver la forme générale et la légèreté de la charrue indigène, et, tout en remplaçant le bois par le fer, il a pu établir un type très bien étudié, muni d'un système de réglage et d'un versoir pour la somme d'une trentaine de francs. Je crois intéressant, à titre de comparaison, de donner un croquis de la nouvelle charrue chypriote de M. Gennadius *(fig. 9)*.

Dans la presqu'île de Magnésie, on se sert encore de charrues semblables à celle qui décore la base d'une statue de Cérès et que Saglio donne dans son dictionnaire. Cet ancien modèle est plus perfectionné et plus élégant que la charrue de Chypre. Le soc est plus large et coupe les racines. Les ailes sont mieux disposées *(fig. 10)*.

Cette étude nous amène à constater combien la Grèce est, encore aujourd'hui, en retard au point de vue de l'outillage agricole; ceci ne peut s'expliquer que par l'ignorance et la pauvreté de ses habitants.

ITALIE

La Sicile et l'Étrurie donnèrent leurs modèles de charrues à l'Italie : c'étaient, en général, des modèles grecs. L'araire sicilien, de la collection du docteur Rau, est identique à l'arme du héros de Marathon. M. Grandvoinnet donne deux anciens araires, l'un étrusque *(fig. 11)*, l'autre sicilien *(fig. 12)*, qui prouvent une commune origine. L'instrument est fait d'une seule pièce et tiré à l'aide d'une corde; il n'y a ni age ni flèche. Dans l'araire étrusque, le mancheron est coudé, tandis qu'il est droit dans l'autre. Ces instruments rappellent les charrues égyptiennes, mais avec plus de stabilité.

Sur une pierre gravée du cabinet de Florence, on voit une charrue en forme de pioche *(fig. 13)*, instrument très primitif qui exigeait beaucoup de force et d'adresse de la part de son conducteur. Raphaël a reproduit ce modèle dans une des loges du Vatican;;il est usité aussi dans l'île de Ceylan.

Il faut remarquer que le joug est placé sur le garrot et non attaché aux cornes, comme on le fait maintenant dans la plupart des pays d'Europe.

Les agronomes latins furent tous partisans de l'attelage par le cou, Columelle ajoute que c'est le plus généralement adopté et que le mode d'attelage par les cornes est justement condamné par tous ceux qui ont écrit sur l'agriculture. Ces auteurs attribuaient à ce mode d'attelage les inconvénients qui proviennent de la rigidité du joug à deux, fatigue des animaux et mauvaise utilisation de leur effort. L'attelage par le cou est aujourd'hui abandonné, il blesse les animaux et utilise mal leur force. Cet attelage n'était possible qu'avec des charrues très légères remuant peu de terre.

Un bronze trouvé à Arezzo et étudié par M. J. Martha *(fig. 14)* représente un laboureur toscan derrière sa charrue conduisant ses taureaux; l'age et le sep sont d'une seule pièce; le soc, en métal probablement, est attaché sur le sep et forme en quelque sorte versoir. Le mancheron et la poignée sont rapportés. La flèche est maintenue sous le joug par des lanières. Plutarque donne la preuve que les charrues romaines étaient des charrues étrusques, quand il dit qu'à la fondation de Rome, Romulus fit venir d'Étrurie des hommes pour lui apprendre les rites usités en pareil cas. « Après les sacrifices, Romulus releva sa toge à la manière des Gabiens, prit une charrue à laquelle il attacha un soc d'airain, attela un taureau blanc à droite et une vache blanche à gauche, puis traça un sillon autour de l'emplacement que devait occuper la nouvelle ville en inclinant la charrue de ce côté pour rejeter les terres dans l'enceinte. »

Le vase de bronze de la Certozza, du musée de Bologne, est décoré d'une bande figurant des scènes de la vie ordinaire des Étrusques; un laboureur tient sa charrue sur l'épaule et conduit ses bœufs. D'après M. S. Martha, ce vase serait du v^{e} siècle avant notre ère, c'est la première charrue italienne pouvant se tenir en équilibre sans l'aide du laboureur; c'est, du reste, la charrue grecque de la figure 5, avec un mancheron droit assemblé sur le sep.

On voit un type analogue sur le chaton d'une bague trouvée en Sicile. Une charrue tirée par deux abeilles sous le joug est conduite par une troisième, le fouet en main; autant qu'on peut en juger, cette charrue très simple était en deux ou trois pièces *(fig. 15)*.

Dickson, dans son *Traité de l'agriculture des anciens*, d'où est tirée la figure précédente, reproduit une médaille de la famille Vibia représentant Cérès, et à côté d'elle une charrue qui paraît formée d'une seule pièce : c'est l'araire antique de Sicile *(fig. 12)*, dans lequel la corde est avantageusement remplacée par une flèche en bois *(fig. 16)*.

La charrue de l'Italie méridionale est encore aujourd'hui bien primitive. Elle se compose, d'après le docteur Rau, d'un sep droit, de section rectangulaire, l'avant taillé en biseau formant soc, sans armature de fer; d'une flèche droite et très longue traversée par le mancheron et d'un étançon qui sert de coutre, ce qui permet de modifier un peu l'entrure. Une oreille est fixée sur le côté du sep, c'est l'*aratrum auritum* des agronomes latins *(fig. 17)*.

Dans l'araire actuel de Sicile *(fig. 18)* le sep s'élargit en arrière pour écarter la terre soulevée par le soc triangulaire en fer; en revanche, il n'y a pas d'oreille. Aussi, pour bien labourer, tenait-on l'instrument alternativement droit ou penché vers le sillon précédent, comme le recommande Columelle. La charrue sans oreille portait le nom d'*aratrum simplice*.

Dans ses *Géorgiques*, Virgile conseille de plier un orme dans la forêt, pour lui faire prendre la forme du corps de charrue appelé buvis. Le fer *(vomer)* et les oreilles étaient connus. Le soc était une barre de fer terminée par un bec et s'étendait sur toute la longueur du sep (dentale). Le mancheron était la *stiva* et la flèche *temo*. On a essayé, sans grand succès d'ailleurs, de reconstituer la charrue décrite d'une façon si peu claire par Virgile, mais, toutes ces reconstitutions étant insuffisantes, il est inutile d'en parler.

Un araire des environs de Rome, reproduit par M. Grandvoinnet *(fig. 19)*, a un soc de forme assez originale, fixé sur l'extrémité du sep taillé en biseau. Ce sep s'élargit en arrière de façon à agrandir le sillon. Il est assez large pour que le laboureur puisse monter dessus et donner ainsi du poids à l'instrument.

Saglio donne le dessin *(fig. 20)* d'un soc romain que l'on trouve aussi en Gaule ; c'est un fer plat dont les côtés sont repliés pour embrasser le sep.

Le musée de Brescia possède un fer de charrue trouvé à Urbino *(fig. 21)*.

Varron dit que le soc était quelquefois implanté dans le sep comme une dent dans son alvéole ; c'est le soc appelé *indutilis* par Caton et celui qu'il estimait le plus.

A ce sujet Columelle a dit : « Je ne suis point de l'avis de Celsius qui, pour diminuer les frais de culture, voulait qu'on labourât la terre avec de petits socs enclavés dans de petits bois qui pourraient être traînés par des bœufs également faibles et petits. » C'est encore vrai aujourd'hui.

Caton conseille d'acheter à Rome les araires destinés aux terres compactes et en Campanie ceux qui sont destinés aux terres poreuses. C'est à Rome qu'il faut aussi acheter les jougs et les socs.

Plusieurs auteurs pensent que ce furent les Gaulois qui modifièrent les charrues primitives en ajoutant le soc en fer et les oreilles et qu'ils introduisirent cette charrue dans le nord de l'Italie. Pline, parlant de la charrue à large soc inventée dans la Rhétie gauloise, rapporte que les Gaulois, dès le III^e^ siècle av. J.-C., y avaient ajouté deux petites roues. De plus, ils avaient relevé le soc en lame tranchante pour fendre la terre, tandis que ses côtés aciérés coupaient les racines des mauvaises herbes.

César constate que, dans beaucoup de contrées de la Gaule, l'agriculture avait atteint un haut degré de perfection ; sur une amulette en jaspe vert reproduite par Saglio, on voit une charrue à deux mancherons munie d'une paire de roues, d'un coutre et d'un grand soc en fer de lance formant versoir *(fig. 22)*.

D'après Servius, ce serait la charrue décrite par Virgile.

Ces araires romains sont parvenus jusqu'à nous sans modifications ; peut-être faut-il attribuer ce fait à une mauvaise interprétation du conseil de Caton : *Sulco vario ne ares*, que l'on traduisait : « Ne change pas ta charrue », tandis que ce précepte signifie qu'il faut labourer à sillons toujours égaux et à la même profondeur. *Sulcus* est la trace profonde que laisse en terre le soc de la charrue d'après la définition même de Varron.

En étudiant les anciennes charrues de France nous retrouverons les araires romains dans tout le Midi, sous les noms d'*ariau* ou *ariot*, et de *dentale* et *dentau*.

NOUVELLE THÉORIE CHIMIQUE

DE LA

FORMATION DES ROCHES TERRESTRES

PAR

M. H. LENICQUE

CONSIDÉRATIONS PRÉLIMINAIRES

En étudiant les phénomènes géologiques, sur les terrains mêmes, nous avons été frappé depuis longtemps de la difficulté qu'il y a souvent de concilier les théories généralement enseignées sur la genèse des roches, avec la constitution et même la conformation de ces roches.

Il faut évidemment, pour l'étude d'une science, surtout dans le domaine des sciences physiques et naturelles, et encore plus pour l'enseignement de cette science, partir d'une hypothèse qui servira de base aux explications des phénomènes que l'on étudie ou que l'on enseigne : une hypothèse, pour être féconde en bons résultats, n'a pas besoin d'être absolument vraie dès son apparition ; il faut seulement qu'elle soit admissible *a priori* et que les déductions qu'on en tire, ne soient pas contraires aux faits.

Dans ces conditions, toute hypothèse scientifique nouvelle ouvre un nouveau champ d'études pour les savants et, ne fût-elle pas reconnue plus tard comme rigoureusement exacte, elle aura eu le mérite de créer une agitation intellectuelle dont la science profitera certainement.

La nouvelle théorie que nous allons présenter n'aura certainement pas l'effet d'une révélation et ne montrera pas, dans tous ses détails, la véritable formation de notre globe, mais elle pourra peut-être servir à indiquer une route nouvelle au milieu des nombreuses hypothèses déjà émises, route qui permettra aux géologues de tirer des conclusions utiles pour la solution de la question si complexe de la formation des roches terrestres.

Notre hypothèse n'arrive évidemment pas à expliquer tous les phénomènes géologiques, et, même si elle était irréfutable, la vie d'un homme ne suffirait pas à faire cette étude complète, mais elle donne des explications compatibles avec la nature de la plupart des roches terrestres, et nous allons la résumer brièvement en montrant pourquoi la théorie actuellement admise ne correspond pas toujours à la réalité des faits.

Dans nos nombreux voyages et dans le cours des missions que depuis de longues années nous avons remplies dans toutes les parties du monde, cette hypothèse a pris de plus en plus corps dans notre esprit lorsque nous examinions des roches de toute nature que nous avions à étudier.

Nous allons successivement et brièvement faire d'abord la critique de la théorie actuelle en montrant combien, selon nous, elle est peu satisfaisante pour expliquer la formation :

1° Des roches primitives et cristallines;
2° Des roches calcaires;
3° De la houille.

L'Hypothèse, qui sert de base à notre théorie chimique de la formation des roches terrestres, rencontrera certainement d'ardents contradicteurs; aussi est-il bon de présenter d'abord des considérations générales sur les modifications qui se produisent dans les affinités chimiques aux températures du four électrique : il y a là un ensemble de faits, connus seulement depuis quelques années, et il faudra que les partisans *quand même* des anciennes théories de la formation du globe terrestre en tiennent compte dans la discussion de la théorie que j'aurai l'honneur d'exposer plus loin.

Tout le monde a suivi avec intérêt les études qui, depuis plus de quinze ans, sont poursuivies, au moyen du four électrique, sur les réactions chimiques qui se produisent à des températures inconnues jusqu'alors.

C'est surtout à M. Moissan et à ses collaborateurs que revient l'honneur de ces remarquables études.

Le premier fait, qui frappe l'esprit, en examinant les résultats de ces travaux, c'est la différence des affinités chimiques des corps les uns pour les autres au fur et à mesure que la température s'élève : à la température du four à chaux, il y a dissociation entre l'acide carbonique et la chaux caustique du calcaire, tandis que ces deux corps ont une affinité considérable l'un pour

l'autre à la température ordinaire; mettons ensemble dans le four électrique du carbone et de la chaux, le calcium abandonne son oxygène pour se combiner avec le carbone : on a du carbure de calcium.

L'affinité de la chaux pour l'acide carbonique a été détruite par la température du four à chaux; l'affinité de l'oxygène pour le calcium a été détruite par la température du four électrique et le carbone s'est substitué à l'oxygène pour former une combinaison qui ne peut se faire qu'à une température impossible pour nous avant la découverte du four électrique.

Traitons de même la silice par le carbone, et nous verrons la silice abandonner son oxygène pour former du carbure de silicium ou carborundum; il semble même qu'il se produit dans ce corps une dissolution de carbone, car, après la cristallisation du carborundum par refroidissement, on voit sa masse entourée par du véritable graphite, phénomène qui ne peut s'expliquer que par la dissolution du carbone dans le carborundum, et ensuite par sa séparation pendant le refroidissement de ce corps.

En suivant la même marche, on est arrivé à produire des carbures de nombreux métaux : les carbures de calcium, de baryum, de strontium, de cérium, de manganèse, d'aluminium, d'uranium, de molybdène, de tungstène, de chrome et de silicium, qui décomposent l'eau plus ou moins facilement, pour donner naissance à des hydrocarbures, à divers degrés de carburation.

Il semble donc que l'on puisse généraliser et dire que tous les métaux sont susceptibles de former des carbures plus ou moins stables, à des températures plus ou moins élevées, et que, si l'on n'a pas encore fabriqué des carbures des métaux alcalins, potassium et sodium, c'est une question de temps, et l'ingéniosité de nos savants chimistes arrivera certainement à les produire : nous avons les carbures des métaux alcalino-terreux, il ne faut pas être bien hardi pour admettre qu'il peut exister des carbures alcalins qu'on n'a pas encore réussi à fabriquer, mais qui ont dû exister au moment où la température était suffisamment élevée pour annuler l'affinité de ces métaux pour l'oxygène.

Quoi qu'il en soit, ce que l'on est obligé d'admettre, c'est qu'il existe des carbures fabriqués à de très hautes températures, les plus hautes que nous puissions actuellement produire, et que ces combinaisons carburées ont été formées aux dépens d'oxydes dont l'oxygène a été chassé par la chaleur

Il résulte forcément de ce fait indéniable la conclusion suivante : quand la terre était encore à l'état fluide et, par suite, à une température que j'appellerai antétellurique, évidemment supérieure, et de beaucoup, à celle de notre modeste four électrique, les combinaisons métalliques oxydées n'existaient pas. Peut-être, quand la masse terrestre était à l'état de nébuleuse lumineuse, n'y avait-il aucune combinaison; mais au moment de la condensation qui a formé le sphéroïde terrestre, les seules combinaisons métalliques constituant la masse fluide devaient être des combinaisons binaires stables à ces hautes températures: des carbures, siliciures, phosphures, arséniures, etc., probablement des sulfures, tandis que l'oxygène, ainsi que le chlore et ses congénères, qui jouent en chimie un rôle analogue à l'oxygène, c'est-à-dire un rôle comburant, restaient à l'état de combinaisons gazeuses avec l'hydrogène.

Les combinaisons binaires du carbone et du silicium avec les métaux ont été peu étudiées jusqu'à ces derniers temps, vu que leur préparation n'est devenue une opération relativement facile que depuis l'emploi des fours électriques; on sait aujourd'hui que la plupart des carbures sont, dans certaines conditions, décomposables par l'eau et produisent, d'une part, des oxydes et, d'autre part, des combinaisons binaires où l'hydrogène vient remplacer la molécule métallique pour former de l'hydrogène carboné.

Nous connaissons tous l'expérience déjà si ancienne du phosphure de calcium qui, plongé dans l'eau, donne de l'hydrogène phosphoré spontanément inflammable.

Nous savons tous que les polysulfures alcalins dégagent de l'hydrogène sulfuré au contact de l'eau, avec dépôt de soufre.

Nous savons aussi que la recherche de l'arsenic est basée sur la production de l'hydrogène arsenié dans l'appareil de Marsh. C'est seulement depuis peu que nous savons que le carbure de calcium au contact de l'eau donne, d'une part, de la chaux caustique et, d'autre part, un hydrocarbure gazeux, l'acétylène, plus riche en carbone que le gaz d'éclairage ordinaire.

On a successivement fait, comme je l'ai déjà dit, d'autres carbures qui se comportent avec l'eau d'une façon analogue au carbure de calcium : je me permets d'appeler principalement votre attention sur le carbure d'uranium qui, en se décomposant au contact de l'eau, produit des hydrocarbures gazeux, liquides et solides.

Nous verrons plus loin à tirer de ce fait des déductions importantes.

Telles sont les considérations générales que nous devions développer avant d'exposer nos critiques des théories actuelles. Nous allons maintenant entrer dans la discussion, non pas des phénomènes géologiques eux-mêmes, tels qu'ils résultent de l'examen si consciencieux qui en a déjà été fait, mais des causes qui ont produit ces phénomènes.

I. — Formation des roches primitives.

Tous les géologues s'accordent à penser que la première croûte qui s'est formée, par le refroidissement, à la surface de la masse pâteuse du sphéroïde terrestre, est due à la solidification des silicates composant les roches cristallines qu'on désigne sous le nom de roches primitives.

C'est évidemment là un fait qui repose sur une probabilité que l'on peut admettre comme une exactitude, car l'examen de l'ensemble des phénomènes géologiques s'accorde parfaitement avec cette théorie.

Mais cet énoncé pur et simple de la solidification des silicates et de la silice en excès qui les accompagne entraîne fatalement l'idée de l'existence préalable de ces silicates et de cette silice dans le sphéroïde en fusion, surnageant comme un laitier sur du métal fondu.

Or, nous croyons que cette idée ne correspond pas à la réalité des choses, si l'on tient compte des découvertes récentes dont nous avons parlé précédemment et qui ont jeté un nouveau jour sur la question des affinités chimiques aux hautes températures.

On peut penser que la couche superficielle du globe terrestre, encore à l'état de fusion, était formée par des combinaisons métalliques binaires : carbures, siliciures, phosphures, etc., des métaux les plus légers, c'est-à-dire des métaux alcalins et alcalino-terreux ; par le refroidissement progressif de ces composés binaires, la température est descendue suffisamment pour permettre la réaction de la vapeur d'eau condensée sur les carbures, siliciures, etc., et c'est alors que, par double décomposition chimique, se sont constitués les silicates qui ont formé les roches primitives.

Nous ne dirons que ces quelques mots à ce sujet, parce que nous y reviendrons plus loin en exposant une théorie complète de la formation des roches terrestres.

II. — Formation des roches calcaires.

On admet généralement aujourd'hui que la formation des roches calcaires est due à des dépôts plus ou moins lents de carbonate de chaux au sein des eaux sursaturées, soit de chaux que l'acide carbonique venait précipiter progressivement, soit de carbonate calcaire dissous à la faveur d'un excès d'acide carbonique qui, en se dégageant peu à peu dans l'atmosphère, laissait précipiter à l'état insoluble le carbonate neutre de chaux.

Ces dépôts doivent donc affecter la forme stratifiée, et les roches qui résultent sont dénommées roches sédimentaires.

Pour bien prouver le phénomène du dépôt calcaire par l'eau chargée de carbonate de chaux, le professeur de géologie montre des objets pétrifiés par la fontaine de Sainte-Allyre (Puy-de-Dôme).

Cet exemple, qui est destiné à frapper l'imagination, produit sur l'observateur attentif le résultat diamétralement opposé à celui qu'on avait en vue; il démontre, par l'aspect cristallin du dépôt, qu'il ne se produit pas ainsi une roche calcaire, mais bien une masse concrétionnée cristalline à couches concentriques : il explique la formation des stalactites et des stalagmites ainsi que celle des parois cristallines que l'on voit dans les grottes du terrain calcaire, mais il prouve l'impossibilité de la formation des roches calcaires par la décomposition du bicarbonate de chaux soluble dans l'eau en un carbonate insoluble, après dégagement de l'acide carbonique en excès.

Quant à la précipitation du carbonate de chaux par carbonatation de la chaux, c'est probablement la cause de la formation d'une grande partie des terrains calcaires; mais elle n'expliquerait pas bien la formation de ces puissantes assises du calcaire oxfordien si nettement séparées en couches parallèles, régulièrement stratifiées.

Et puis, dans l'hypothèse actuelle, comment explique-t-on l'existence de cette chaux et de cet acide carbonique ?

La chaux existait-elle dans les couches pâteuses qui se trouvaient sous la première croûte solidifiée du globe ?

Sous quelle forme y était-elle, et comment a-t-elle été expul-

sée à travers les fissures de cette croûte pour venir se dissoudre dans les eaux superficielles ?

On dit aussi que les roches calcaires ont été formées par les mollusques à coquilles calcaires : où ont-ils pris la chaux qui leur était nécessaire pour cela ?

Ces suppositions ne nous satisfont pas ; nous pensons que toute la chaux, qui est venue se répandre sur le globe déjà solidifié superficiellement et recouvert d'eau en partie, y a été projetée plus ou moins violemment par des phénomènes éruptifs causés par des réactions chimiques : nous indiquerons plus loin la cause de la formation de la chaux qui, ensuite, est devenue du calcaire par sa carbonatation au contact de l'atmosphère comme la chaux d'un mortier se carbonate à l'air.

III. — Formation de la houille et des combustibles minéraux.

Abordons maintenant une question qui touche à certaines convictions tellement bien établies dans l'esprit de beaucoup d'Ingénieurs que l'exposé de notre théorie chimique de la formation des combustibles minéraux nous a valu des contradictions passionnées.

Nous sommes loin d'être les premiers à nier l'origine organique des combustibles minéraux.

M. M.-Joseph Judycki, entre autres, Ingénieur civil des Mines, alors chef de section des travaux de l'État, a publié en 1883, à Figeac, une brochure très intéressante et très documentée sur ce sujet. Mais tout en démontrant l'impossibilité d'attribuer une origine organique aux combustibles minéraux, M. Judycki ne remplaçait pas l'ancienne théorie par une nouvelle, et c'est évidemment là une des causes principales qui font que son travail est peu connu.

Déjà, à ce moment, nous avions ébauché une théorie chimique se rapportant à la formation des combustibles minéraux. Cette théorie s'est affermie de plus en plus dans notre esprit lorsque nous avons vu que les phénomènes chimiques nouvellement étudiés la confirmaient tous les jours davantage, ainsi que nous le développerons plus loin.

Quoi qu'il en soit, avant d'exposer cette nouvelle théorie, nous commencerons par énumérer rapidement les raisons pour les-

quelles l'origine organique des combustibles minéraux nous paraît inadmissible.

On professe généralement, dans les cours de géologie, que la houille a été produite par la transformation en charbon des végétaux des forêts de l'époque houillère, on montre l'aspect de ces forêts au moyen de beaux dessins qui frappent l'imagination des néophytes, en leur frappant la vue.

Cette première suggestion consolidée par le désir des élèves de plaire à leurs examinateurs, en leur faisant des réponses conformes à l'enseignement classique, est devenue, dans leur esprit, une conviction, un article de foi.

Or, cette hypothèse est loin d'être satisfaisante, elle ne repose sur aucune preuve, sur aucune expérience pratique, elle est même contraire aux faits.

A. — Pour qu'une hypothèse soit admissible, il faut qu'elle ne soit pas contraire aux faits réels; or, si la genèse de la houille a été attribuée à la carbonisation des bois, personne n'a osé attribuer la même origine au bitume, à l'ozokérite ni au pétrole.

Une hypothèse qui n'est pas applicable à tous les combustibles minéraux est forcément fausse.

Sauf une différence dans les proportions de carbone fixe ou combiné, tous ces combustibles sont composés d'éléments semblables, tous contiennent des hydrocarbures à tous les degrés de carburation depuis l'hydrocarbure gazeux jusqu'à l'hydrocarbure solide : donc, leur origine doit être sinon la même, du moins analogue, et, puisque l'hypothèse de l'origine sylvestre de la houille ne peut pas s'appliquer à la formation des autres combustibles, cette hypothèse est inadmissible pour la houille elle-même.

B. — On a essayé de consolider cette hypothèse par une autre encore moins admissible.

En effet, tout le monde sait que le bois abandonné à l'air se pourrit et ne se transforme pas en charbon ; s'il est complètement immergé dans l'eau, il se durcit et ne forme pas de charbon ; ce n'est qu'en le soumettant à une forte chaleur, en vase clos, qu'on obtient la carbonisation du bois pour en faire du charbon de bois et non pas un charbon ayant la moindre analogie avec la houille : on a alors émis l'hypothèse que les plantes de l'époque houillère s'étant accumulées, sans pourrir, sur une épaisseur plus ou moins considérable dans des bas-fonds, ont été recouvertes par des couches de terrains imperméables et soumises à

la torréfaction en vase clos à une température tellement élevée et à une pression telle que la masse charbonneuse est devenue pâteuse et a formé la houille par refroidissement.

Or, examinons les faits :

D'abord, il n'y a pas d'analogie de composition entre les produits qu'on obtient en distillant les bois et la houille elle-même; on me répondra que les bois de l'époque houillère ne peuvent pas être comparés aux bois actuels : ni mes contradicteurs, ni moi, nous n'y étions, donc nous ne pouvons pas discuter autrement que par analogie, et, comme les bois fossilisés dans la houille ressemblent à ceux de notre époque, il m'est impossible d'admettre que leur composition n'était pas analogue, sinon même identique à nos arbres actuels.

Les cendres qui résultent de la combustion des bois ne ressemblent en rien aux cendres des combustibles minéraux, quels qu'ils soient.

Si nous cherchons à nous rendre compte de la quantité de bois qu'il faut accumuler en hauteur pour égaler, en carbone, la teneur d'une couche de houille de 1 *m* d'épaisseur, nous trouvons, d'après Élie de Beaumont, qu'il faudrait un radeau de bois bien rangé, de 8,76 *m* d'épaisseur, pour donner une couche de houille de 1 *m* de puissance; or, comme dans la chute naturelle des arbres il y a beaucoup plus de vides que dans le radeau bien rangé de M. Élie de Beaumont, en supposant la nécessité d'une accumulation de 10 *m* d'épaisseur de bois pour correspondre à une couche de 1 *m* de houille, je suis au-dessous de la vérité.

Peut-on admettre, quand on a vu des forêts sauvages, pour ne pas dire vierges, comme celles que nous avons vues en Amérique, peut-on admettre qu'il puisse s'accumuler 10 *m* d'épaisseur de bois mort sans que la plus grande partie en soit pourrie?

Et quand nous nous trouvons devant certaines couches de houille (nous en avons vu de 40 *m* d'épaisseur), si l'on calcule qu'il a fallu au moins 400 *m* d'épaisseur de bois accumulé là sans pourriture, et qu'il a fallu ensuite que cette masse ait subi une torréfaction en vase clos sous une pression formidable, sans que les roches encaissantes ou intercalées aient subi un commencement de fusion, il me semble impossible de faire concorder les deux hypothèses avec la constatation des faits.

C. — Certaines couches de houilles, comme dans le Donetz, présentent une régularité de stratification remarquable sur une

très grande longueur et quelques-unes vont d'un bout à l'autre de cet immense bassin, en conservant constamment comme caractéristique des bandes d'argiles régulières sur toute l'étendue des couches.

Comment concilier ce fait avec l'hypothèse actuelle?

Dans telle autre houillère, vous pouvez voir les couches régulièrement plissées, concentriquement les unes par rapport aux autres; j'ai vu à Peñarroya (Espagne), dans un ravin qui coupe le terrain houiller, des centaines de petites couches de houille d'une épaisseur variant de 1 *mm* à 2 ou 3 *cm*, alternant avec des couches d'argile schisteuse plus ou moins brune, et ces couches conservent leur parallélisme dans toutes les sinuosités de leurs plissements.

On a cherché à expliquer que ces petite veines de charbon ont été produites par la transformation en charbon d'anciennes feuilles mortes; on a même été jusqu'à expliquer le phénomène par une origine microbienne, les feuilles transformées en houille par un ferment spécial.

La tourbe, il est vrai, est devenue un combustible, grâce à une carbonisation produite par une fermentation probablement microbienne; mais il y a une telle différence entre la composition de la houille et celle de la tourbe, qu'il est impossible de leur assigner une origine commune.

Tous les faits que nous venons d'énumérer viennent s'ajouter à ceux déjà énoncés précédemment pour nous confirmer dans l'impossibilité d'admettre l'hypothèse de la transformation des forêts de l'époque houillère en charbon.

D. — Et comment cette hypothèse pourrait-elle expliquer la présence de la pyrite de fer dans le charbon, non pas en injection filonienne postérieure à la formation des couches de houille, mais cristallisée en paillettes dans la masse même de la houille?

E. — Voici maintenant une preuve qui nous paraît décisive : la présence des fossiles dans la houille démontre son origine *inorganique*.

En effet, qu'est-ce qu'un fossile?

C'est un témoin qui marque, pour la géologie, l'heure de la formation d'un terrain à la grande horloge des siècles, comme une pendule, arrêtée par l'effet d'un tremblement de terre, marque l'heure précise du mouvement sismique, comme une pièce de monnaie trouvée dans des ruines en précise la date historique.

Nous ne parlons pas de certains amas de débris organiques, d'origine animale ou végétale, qui constituent des dépôts parfois importants mais dont l'accumulation est due à des transports par les eaux qui ont plus ou moins remanié les terrains, nous parlons de ces fossiles caractéristiques qui ont permis aux savants géologues d'établir une véritable chronologie de la formation des terrains.

Il n'est jamais venu à l'esprit d'un géologue d'attribuer aux fossiles le rôle de générateur du terrain dans lequel on les trouve : les argiles de Dives contiennent des myriades d'ammonites métamorphisées en pyrite de fer et personne n'a songé à attribuer aux ammonites la cause de la formation des gisements de pyrite de fer ; on trouve fréquemment des coquilles ou des morceaux de bois silicifiés et on n'a pas pensé à donner à la silice une origine organique ; je ne comprends donc pas pourquoi on essaie de prouver l'origine organique de la houille par la présence des fossiles de végétaux qu'on y rencontre, d'autant plus qu'on y trouve aussi des polypes, des coquilles de mollusques, des poissons et des insectes analogues aux charançons, aux scorpions et même des papillons.

Si l'on considère les conséquences de la théorie qui explique la formation de la houille par une carbonisation à haute température, avec fusion pâteuse sous une énorme pression, et glissements de cette pâte pour former les couches feuilletées de la houille, on comprend difficilement que les poissons et les insectes aient pu conserver les formes si délicates dont nous retrouvons les empreintes : la présence de ces fossiles éveille l'idée d'un phénomène brusque qui a surpris les êtres organisés, et les a pour ainsi dire moulés dans une matière pâteuse en éruption, avant que la décomposition organique ait pu en changer les formes.

En résumé, l'étude des divers fossiles de la houille et du terrain houiller a une énorme importance au sujet de l'identification des couches qui les contiennent, et tous les houilleurs savent quels services ont rendus les géologues dans cet ordre d'idée ; mais, là doit se borner le rôle des fossiles : ils n'entrent pour rien dans la formation des combustibles minéraux.

Nous bornerons là nos critiques relatives aux hypothèses généralement admises aujourd'hui et nous allons maintenant exposer la théorie chimique de la formation de la terre telle que nous la concevons, en nous appuyant, d'une part, sur des phéno-

mènes chimiques absolument démontrés et, d'autre part, sur des hypothèses rendues probables par la connaissance même de ces phénomènes.

Formation de la Terre.

Suivant la théorie admise et qui correspond à toutes les lois de la mécanique, la terre a été produite par l'une des condensations partielles de la nébuleuse, qui ont donné naissance aux diverses planètes du système solaire.

Ces condensations ont dû être successives, et, par suite aussi, les solidifications de ces diverses planètes ont été successives.

Nous nous en tiendrons, pour le moment, à la terre seule, et nous allons exposer rapidement et succinctement, comme cela est nécessaire dans le cadre restreint d'une conférence, la théorie chimique de la formation des roches terrestres.

Dans la condensation de notre nébuleuse, les parties qui se sont liquéfiées les premières sont venues se grouper autour du centre de gravité et ont formé peu à peu le sphéroïde terrestre, sphéroïde dans lequel il s'est fait forcément une liquation, ou superposition concentrique par ordre de densité, des différents composés métalliques plus ou moins pâteux, au fur et à mesure du refroidissement progressif.

La composition générale du sphéroïde était formée par les métaux combinés avec des métalloïdes susceptibles de produire des combinaisons binaires, stables aux températures incommensurables pour nous, qui régnaient au moment de la formation de notre planète.

C'étaient surtout des carbures et des siliciures métalliques, avec des sulfures, phosphures, arséniures, etc., ces derniers étant en très faible proportion.

Nous considérerons principalement les carbures et les siliciures dans les réactions que nous décrirons, car les autres combinaisons binaires sont en infime minorité, du moins dans les couches superficielles du globe terrestre, et n'ont joué qu'un rôle accessoire, pour ainsi dire, dans la formation des roches. J'en dirai seulement quelques mots plus loin.

Le globe terrestre en fusion était composé d'une série de couches concentriques de carbures et de siliciures des métaux divers, superposés par ordre de densité.

Les carbures et les siliciures des métaux alcalins étaient à la périphérie, à cause de leur légèreté spécifique, puis ceux des

métaux alcalino-terreux formaient la couche sous-jacente, et les siliciures allaient en diminuant peu à peu en profondeur pour faire place à des carbures presque exempts de silice, dans les couches un peu plus profondes formées par des carbures alcalino-terreux.

Par suite, les couches successives ont dû être, en partant de la périphérie, des carbures et siliciures de sodium et de potassium, puis d'aluminium et de magnésium, ensuite des carbures de calcium, puis, à des profondeurs plus considérables, les composés binaires des métaux les plus lourds, carbures, sulfures, etc.

L'étude de la densité de la terre donne raison à cette hypothèse : M. de Lapparent indique le chiffre de 5,5 comme densité moyenne de la terre; les roches connues formant les couches superficielles ont une densité variant de 2 à 3 : il s'ensuit que la densité doit aller en augmentant vers le centre ; M. de Lapparent attribue au fer cette augmentation de densité.

Il admet qu'il peut y avoir des gaz qui diminuent la densité des métaux du centre de la terre, puisque les densités sont : d'après Legendre, à la surface 2,5, au milieu du rayon 8,5 et au centre de la terre 11,3, et d'après Roche, à la surface 2,6, au milieu du rayon 8,5 et au centre de la terre 10.

D'après nous, on peut supposer que la faiblesse des poids spécifiques des composés métalliques du noyau terrestre tient à la combinaison des métalloïdes, carbone (densité 2,5) et silicium (2,6), avec les métaux.

Nous venons de décrire les couches idéales telles qu'elles ont dû se présenter, mais il est évident qu'elles n'étaient pas à l'état de pureté absolue au point de vue chimique et que dans ces diverses couches il y avait, à l'état de diffusion plus ou moins momentanée, des combinaisons binaires de toutes sortes de métaux disséminées irrégulièrement.

Autour du globe incandescent, flottait une atmosphère formée de couches concentriques de densités moindres, au fur et à mesure de leur éloignement du centre de gravité de la terre; la couche la plus voisine de la masse, condensée à l'état pâteux, était formée en majorité de vapeur d'eau, contenant de l'acide chlorhydrique; l'affinité de l'oxygène et du chlore, ainsi que des congénères du chlore (brome, iode et fluor) pour les métaux proprement dits, n'existant plus aux températures très élevées, devait se reporter sur l'hydrogène et constituer ainsi la première couche de l'atmosphère.

Au-dessus, l'azote et l'oxygène formaient les couches extérieures de l'atmosphère terrestre.

Tant que la température du globe a été suffisante pour empêcher le contact et, par suite, les réactions possibles entre les corps qui le composaient et l'atmosphère qui l'environnait, aucun phénomène chimique ne pouvait se produire, grâce au phénomène physique connu sous le nom de caléfaction ou état sphéroïdal, et le globe gardait sa forme mathématique du sphéroïde de révolution.

Il vint un jour où le refroidissement atteignit le degré voulu pour permettre la condensation de la vapeur d'eau, qui arriva ainsi au contact des carbures et siliciures alcalins. Tout le monde connaît maintenant la réaction de l'eau sur le carbure de calcium: si l'on tient compte de la différence d'intensité entre la réaction du potassium et du sodium sur l'eau et celle du calcium, on admettra facilement que la réaction, au contact de l'eau, du carbure de potassium et de sodium doit être incomparablement plus violente que celle du carbure de calcium, surtout en présence de l'acide chlorhydrique existant dans la vapeur d'eau condensée.

Il a donc dû se produire des phénomènes chimiques accompagnés d'un dégagement énorme de chaleur et cette chaleur a dû elle-même agir comme modérateur pour régulariser la marche des réactions, et empêcher que les affinités chimiques se manifestent d'une façon instantanée sur les immenses quantités de corps en présence, aptes à produire de nouvelles combinaisons par suite de l'abaissement de la température.

Le résultat de ces combinaisons a été, d'une part, la production d'un hydrocarbure gazeux, et, d'autre part, la formation d'oxydes métalliques : potasse, soude, alumine, etc., qui, avec le silicium passé à l'état de silice, ont donné naissance aux silicates alcalins et alcalino-terreux qui composent les roches primitives.

Cette sorte de scorie liquide a laissé peu à peu cristalliser, dans son sein, les éléments qui formaient des combinaisons définies comme les feldspaths, les micas, etc., au milieu de la silice en excès, et les granites ont fini par se solidifier en formant la première croûte de notre globe.

Pendant ce temps, et pendant une longue série de siècles, les hydrocarbures traversaient les premières couches de l'atmosphère surchargées de vapeur d'eau et venaient brûler à la périphérie de l'atmosphère gazeuse, produisant ainsi une photosphère super-

ficielle, avec des envolées inégales de flammes selon les phases des réactions d'intensités inégales sur la surface du globe terrestre lui-même; il se produisait ainsi, au-dessus de la surface de notre planète, des phénomènes lumineux absolument semblables à ceux que nous apercevons de nos jours sur le soleil : taches sombres ou déchirures de la photosphère, et jets de flammes d'une intensité inouïe, comme on les voit dans l'observation des éclipses totales de soleil.

Ne peut-on pas comparer le phénomène que nous venons de décrire à celui qu'on a observé lors de l'éruption de mai 1902 à la Martinique? On y a constaté la présence d'un nuage noirâtre lumineux à sa partie supérieure, formé en bas d'un gaz irrespirable, et en haut d'une vapeur qui brûlait; au mois de mai 1903 les correspondances scientifiques ont signalé de nouveau la production de nuages ardents sortant du mont Pelée. N'est-ce pas là la reproduction en petit d'un même phénomène chimique : la décomposition d'un carbure métallique avec production d'un hydrocarbure, brûlant au-dessus d'un nuage incombustible.

Mais revenons à notre sujet principal :

Au-dessous de la photosphère, s'accumule l'acide carbonique qui, avec la vapeur d'eau régénérée, représente les résultats de la combustion des hydrocarbures, et l'atmosphère, sous-jacente par rapport à la photosphère, devenant de plus en plus impropre à la combustion, éloigne de plus en plus la zone de combustion de la surface même du globe générateur de gaz combustible.

Pendant cette période, la terre était un petit soleil, et peut-être alors le soleil actuel n'était-il encore qu'à l'état nébuleux! Je m'arrête dans cette voie : nous irions trop loin et l'imagination irait se perdre dans les régions du vertige.

Nous devons cependant dire deux mots sur une idée relative à la formation de la lune : sur un des points de la surface pâteuse de la terre, il a dû se produire, à un moment donné, une explosion formidable qui a lancé comme un projectile un morceau de cette scorie de surface; ce projectile a été jusqu'à la limite de sa course et là, tenu en équilibre par la force centrifuge et l'attraction terrestre, il tourne autour de son centre générateur : il n'a pas de mouvement de rotation sur lui-même parce qu'il ne s'est pas échappé suivant une tangente et qu'il a été lancé comme un projectile sortant d'une arme à feu; il n'a pas emporté avec lui de lambeau d'atmosphère, comme le projectile n'entraîne pas avec lui les fumées de la poudre qui l'a lancé. Ce sa-

tellite a pris la forme sphérique parce qu'il était lui-même à l'état pâteux; sa surface présente des rugosités considérables comme celles qu'on observe à la surface des scories plombeuses, en refroidissement: certaines réactions chimiques internes, continuant à se produire, donnent lieu à des éruptions et à des craquelures diverses.

Passons à une autre période : la terre a cessé d'éclairer le monde, c'est une planète à surface solide plus ou moins rugueuse, comme celle des scories plombeuses dont nous venons de parler; peu à peu la vapeur d'eau s'est condensée, et la terre s'est recouverte en majeure partie par de l'eau salée, chargée de chlorures alcalins, provenant de la combinaison de l'acide chlorhydrique de l'atmosphère primitive avec les oxydes alcalins formés dans la réaction de l'eau sur les carbures de potassium, sodium, magnésium, etc. Il existe déjà des continents et des océans, mais la vie n'est pas encore apparue.

Le refroidissement continue, il se produit des fissures de retrait et l'eau s'engouffre dans les crevasses pour atteindre des profondeurs où elle rencontre des carbures et siliciures non encore décomposés.

De nouvelles réactions se produisent, analogues à celles que nous avons déjà décrites, mais non plus à l'air libre; elles se produisent en vase clos pour ainsi dire et elles déterminent des explosions et des soulèvements formidables par suite des tensions énormes des gaz formés sous pression au-dessous de la croûte déjà solidifiée, et ces phénomènes continuent à se produire jusqu'à nos jours sous la forme d'éruptions volcaniques et de tremblements de terre, en diminuant d'intensité à travers les siècles.

En effet, quelle que soit notre émotion en apprenant les terribles catastrophes de Cracatoa, de Chemnaka, de la Martinique, il n'en est pas moins vrai que nous devons constater combien ces manifestations sismiques et éruptives sont petites, si on les compare à celles qui ont produit les soulèvements de nos montagnes, qui ont plissé et relevé des couches de terrains déjà superposés sur une énorme profondeur.

Plus la couche solide s'est épaissie, plus l'arrivée de l'eau au contact des combinaisons métalliques décomposables a été retardée et, par suite, plus les réactions ont perdu de leur intensité; mais, pour en revenir aux premières éruptions volcaniques, elles ont dû produire non plus des roches cristallines, mais bien

des roches fondues, qui ont formé les porphyres, les basaltes, etc., en métamorphisant les roches antérieures à travers lesquelles elles ont fait éruption.

Quand, dans la succession des temps, les réactions ont eu lieu entre l'eau et les carbures alcalino-terreux, il s'est formé de nouveaux produits, et le carbure de calcium, en dégageant de l'acétylène, a donné naissance à la chaux, origine certaine de toutes nos roches calcaires; d'autres carbures métalliques, surchargés de carbone, en combinaison ou en dissolution dans leur masse, ont produit des hydrocarbures liquides et des hydrocarbures solides, et c'est là l'origine de tous les combustibles minéraux.

Les réactions continuent à se produire en profondeur, donnant naissance à différents oxydes suivant les différences mêmes des combinaisons binaires métalliques sur lesquelles l'eau vient agir; la violence de ces réactions va en diminuant : elles se localisent et il se forme des volcans qui n'ont plus qu'une influence limitée pour la transformation ou la modification des terrains.

Puis, les sulfures métalliques succèdent en profondeur aux carbures; les réactions sont modérées; l'eau n'agit plus comme agent de réactions chimiques, elle agit plutôt comme dissolvant; elle vient remplir les crevasses des terrains déjà formés, par les cristallisations des corps qu'elle entraîne en dissolution : quartz et sulfures métalliques, avec des composés récemment formés par oxydation ou double décomposition, carbonates de chaux et de fer, sulfate de baryte, fluorure de calcium, etc.; c'est là la genèse des filons métalliques, dont la formation est probablement antérieure à la venue de l'homme, tout en étant bien postérieure aux grands phénomènes qui ont produit les roches mêmes dans lesquelles se sont déposées les combinaisons métallifères, sous forme de filons.

Pendant que la croûte solide du globe terrestre va en s'épaississant par le refroidissement et la formation successive des roches qui la constituent aujourd'hui, il se produit un changement considérable dans l'atmosphère qui entoure le globe : l'acide carbonique qui est resté avec l'azote et l'oxygène dans cette atmosphère, est absorbé peu à peu par la chaux provenant des éruptions produites dans la réaction du carbure de calcium sur l'eau; déjà dans cette atmosphère surchargée d'acide carbonique, certaines plantes avaient pu vivre et même acquérir des croissances inconnues à l'époque actuelle pour les mêmes

espèces; mais la vie aérienne ne pouvait pas exister, la vie aquatique seule était possible, et l'étude de la série chronologique des fossiles est là pour nous montrer que la vie était déjà intense au fond des mers, quand elle n'était pas encore apparue sur les continents émergés.

L'atmosphère a été graduellement purgée de son excès d'acide carbonique par la chaux qui l'absorbait, et la vie est arrivée progressivement, de la forme aquatique à la forme aérienne, en passant par la forme intermédiaire de l'amphibie.

Le refroidissement de la croûte terrestre est devenu, depuis longtemps déjà, assez considérable pour que l'influence de la chaleur de la masse centrale en fusion ne soit plus prépondérante; c'est l'influence de la chaleur solaire qui domine et le régime des saisons s'établit.

C'est là un point important dans l'histoire de la forme et de la constitution superficielles de la terre : ce sont les saisons qui ont produit les phénomènes des pluies et des chutes de neige, causes des ravinements des montagnes, de la formation des terrains de transport, de la naissance des fleuves dispensateurs de toute vie organique, animale ou végétale, sur les terres émergées.

La libration de la terre autour de son axe, qui est cause de la précession des équinoxes, est un élément à considérer pour l'explication des variations si considérables qu'on a observées dans la hauteur des mers.

On a admis que ces variations étaient dues à des soulèvements de l'écorce terrestre : nous sommes plutôt partisan de la théorie du savant Adhémar, « Révolutions de la Mer », 1re édition, 1842, qui attribue les différences de niveau au déplacement des masses océaniques attirées vers l'un ou l'autre pôle par l'accumulation des glaces à l'un ou l'autre de ces pôles, cela étant dû aux variations de température desdits pôles, par suite des modifications de l'inclinaison de l'axe terrestre par rapport à l'écliptique, suivant un cycle complet de 21 000 ans.

Mais, la discussion de ces théories et des conséquences à en tirer nous entraînerait trop loin.

Aujourd'hui, l'équilibre de l'atmosphère paraît établi et sa composition chimique, étudiée depuis un siècle, n'a pas varié : il est probable qu'il en est de même depuis l'apparition de l'homme sur la terre.

Quant à l'équilibre de la croûte terrestre, il est complètement stable et ce n'est pas telle ou telle catastrophe émotionnante qui

peut rompre cet équilibre : c'est là seulement une manifestation de réactions chimiques violentes qui se produisent encore en profondeur sur certains points du globe; elles causent des désastres et des deuils sur ces points, mais elles ne constituent pas un danger pour le globe lui-même, qui a subi bien d'autres secousses au moment de la formation de son écorce solide.

A notre époque, il existe encore quelques contrées qui ont le malheureux privilège de ces phénomènes volcaniques; ils peuvent nous donner une idée infiniment réduite de la violence des éruptions de l'époque primitive : il y a encore des volcans de boue calcaire qui sont une réduction de ceux qui ont produit les bancs énormes de craie qui constituent une portion si importante de l'écorce terrestre; les geysers nous montrent la formation de la silice en gelée, qui va se concrétionner à l'air pour former des sables, des grès et même des rognons de silice compacte : quelques concrétions de cette silice renferment, sous forme d'inclusion, un liquide qui a été reconnu pour un hydrocarbure, preuve de la connexité qui existe entre la formation des hydrocarbures et celle de la silice; les sources chaudes, chargées de sels divers, ne sont pas à proprement parler des manifestations de réactions chimiques, elles font partie du système de circulation continue de l'eau en perpétuel équilibre : l'eau tombe en pluie, traverse les terrains en y dissolvant certains corps solubles, remonte au jour par des canaux souterrains et vient s'y évaporer à nouveau pour clore le cycle de son évolution.

Un phénomène qui accuse plus manifestement la continuation lente et progressive des décompositions chimiques intérieures, c'est la production constante du pétrole, vous en connaissez l'importance, et il me semble que la continuité de cette production, qui se maintient depuis si longtemps, est une preuve irréfutable de la reproduction même du pétrole, au fur et à mesure qu'il s'en écoule au dehors.

Le pétrole est fabriqué, permettez-moi le mot, par la nature, en certains points de l'écorce terrestre, au fur et à mesure de son écoulement, l'eau venant progressivement et méthodiquement réagir sur un carbure métallique donnant peu d'hydrocarbures gazeux et beaucoup d'hydrocarbures liquides.

Il serait trop long de chercher à examiner devant vous toutes les conséquences que l'on peut tirer de ma théorie pour expliquer l'une après l'autre les formations des divers terrains; j'ai

fait cette étude pour les principales roches, mais, comme je l'ai déjà dit, la vie d'un homme ne peut pas suffire pour fouiller à fond toutes ces questions, j'en laisse le soin à d'autres, Ingénieurs ou Géologues, qui croiront à la vérité de cette théorie.

Néanmoins, nous devons développer un peu deux des principales questions que nous avons étudiées, tout en en faisant seulement un résumé rapide.

Roches calcaires.

La formation de toute la chaux des terrains calcaires actuels peut être attribuée à une poussée de chaux plus ou moins délayée dans l'eau qui est arrivée en excès sur le carbure de calcium des couches souterraines de l'écorce terrestre, poussée produite par l'expansion du gaz acétylène ou d'un gaz carburé analogue.

Or, sous l'influence de cette poussée formidable, la chaux s'est répandue soit à la surface de continents, soit au fond des mers, suivant le lieu de l'éruption.

Voyons le premier cas : La chaux, en pâte comme le mortier de maçon, vient s'étendre en couches plus ou moins épaisses, s'égalisant sur toute la longueur de la nappe horizontale, inondant une dépression de terrain; les éruptions étant intermittentes (comme dans le cas bien connu des geysers) et d'intensités inégales, les couches se superposent, suivant des épaisseurs inégales, sans se coller l'une sur l'autre à cause du commencement de carbonatation qui s'est produit dans l'intervalle des éruptions, et c'est ainsi que s'est produite la stratification si bien marquée dans le calcaire oxfordien des Cévennes, par exemple.

Puis la carbonatation s'est opérée, à fond, comme dans le mortier ordinaire et le calcaire a pris la rigidité et la solidité que nous lui connaissons, tout en se fendillant en beaucoup d'endroits par le retrait.

Il y a beaucoup de localités où l'on peut constater, comme à Saint-Hippolyte-du-Fort (Gard), comme dans le Val d'Oisans (Isère) et dans maint autre endroit, que les bancs calcaires sont contournés en forme de volutes d'un rayon de quelques mètres à peine, sans qu'on puisse y voir les fentes qui auraient dû se produire dans un pareil mouvement de torsion ou d'enroulement. L'explication de ce phénomène me paraît très simple : il y a eu dans le voisinage des couches calcaires encore pâteuses,

par suite de leur carbonatation encore incomplète, des soulèvements qui ont produit des plissements dans les couches et elles ont obéi aux compressions latérales en se courbant en couches concentriques tout en glissant les unes sur les autres, suivant leurs surfaces de stratification ; la carbonatation, et, par suite, la solidification complète ne se sont terminées qu'après ces plissements.

Dans le deuxième cas, la chaux vient faire éruption sur le bord ou dans le fond d'une mer; nous savons tous ce qui se passe quand on met un excès de chaux caustique dans l'eau, il se forme un lait de chaux dans le fond du vase ; abandonnons ce vase à l'air libre, et la chaux se carbonatera peu à peu, au bout d'un temps plus ou moins considérable, toute la chaux sera transformée en carbonate de chaux.

Tel est le phénomène qui s'est produit, en grand, au contact de l'atmosphère surchargée, nous dirons même presque exclusivement composée, à sa partie inférieure, d'acide carbonique qui planait au-dessus du globe terrestre.

La carbonatation s'est-elle faite intérieurement pendant que la chaux était sous les eaux, ou s'est-elle complétée après l'émergence du dépôt de chaux hors des eaux par suite des variations incontestées du niveau des mers à des époques géologiques différentes? Nous penchons vers cette dernière hypothèse, et c'est pendant cette période d'émergence que les eaux de pluie ont dû dessaler les calcaires.

Quoi qu'il en soit, on peut penser que tous les terrains calcaires ont été formés de l'une ou l'autre des façons que nous venons de décrire; il est même très intéressant d'examiner chacun des calcaires, si différents, que l'on rencontre dans la succession des terrains, en se plaçant au point de vue de notre hypothèse, et l'on verra que celle-ci donne toujours une explication satisfaisante de leur formation, soit pour la craie piquetée de la Somme, soit pour la craie à silex, soit pour le calcaire dolomique, etc.

Examinons, maintenant, la question de ces mêmes terrains au point de vue des fossiles, qui forment comme des hiéroglyphes que nos savants géologues sont arrivés à déchiffrer pour nous dévoiler une partie de l'histoire des roches qui ont été formées après l'apparition de la vie sur le globe terrestre.

A chaque éruption de chaux plus ou moins pure, plus ou moins mélangée avec les silicates alumineux formés, soit simul-

tanément dans la même réaction au contact de l'eau, soit par la désagrégation, au moment de cette réaction, de silicates préexistants, les couches de chaux empâtaient presque subitement les animaux ou végétaux qu'elles recouvraient; si le phénomène d'expansion de la chaux se produisait dans l'eau, les fossiles étaient principalement formés de coquilles; on rencontre peu d'empreintes bien nettes d'animaux mous: cela tient évidemment à ce que la chaux caustique détruisait presque immédiatement toutes les parties molles, gélatineuses ou même cartilagineuses des êtres organisés qui s'y trouvaient englobés. Nous pouvons citer, comme exemple, les bélemnites dont on ne retrouve guère que la partie cylindro-conique du squelette osseux d'un mollusque céphalopode du genre calmar.

Dans la craie piquetée du Nord de la France, il a dû, au moment de sa formation, se produire une formidable destruction de squales saisis et pour ainsi dire consumés par l'arrivée subite de la chaux, car on constate, dans certains points où cette craie piquetée, désagrégée par un nouveau cataclysme, a donné lieu à des dépôts très riches en phosphate de chaux, comme à Beauval (Somme), une accumulation incroyable de dents de squales avec quelques débris de vertèbres à moitié détruits : n'y a-t-il pas là une preuve, non seulement de la vie intense qui régnait dans les eaux à cette époque, mais aussi de l'action corrosive de la chaux qui ne laissait subsister que les dents, si dures, des squales, et qui détruisait tous les autres organes de ces poissons, ainsi que des autres poissons probablement cartilagineux, qui certainement devaient être en grand nombre?

Quant à la présence des coquilles innombrables dans le calcaire coquillier, il y a là encore une preuve de l'intensité de la vie aquatique : la chaux est venue brusquement suspendre la vie de ces mollusques et a soudé les unes aux autres toutes ces coquilles dans un ciment calcaire. N'est-ce pas un phénomène semblable qui a rempli de cérites le calcaire parisien?

Nous ne nous étendrons pas davantage sur ce sujet, mais, avant d'abandonner la question de la formation des terrains calcaires, nous répondrons à une objection qui nous a été faite. On nous a dit : « Comment se fait-il, si la formation du calcaire est due à la réaction de l'eau de mer salée, que le calcaire ne soit pas lui-même salé ? » Cette question pourrait tout aussi bien s'adresser aux partisans de l'ancienne théorie qui admettent l'existence de divers océans producteurs des terrains calcaires; on a même

figuré, sur les cartes des époques géologiques, le contour bien déterminé de l'océan jurassique.

Peut-on penser que ces océans étaient formés par de l'eau non salée?

En deuxième lieu, nous répondrons que la craie est une roche perméable : pendant une longue succession de siècles, elle a été traversée par des eaux d'infiltration, et cette circulation a peu à peu dessalé la roche.

Combustibles minéraux.

Nous allons maintenant terminer cette communication par l'exposé rapide des phénomènes qui ont donné lieu à la production des combustibles minéraux. Tous ces combustibles, depuis la houille jusqu'au pétrole, ont une composition semblable : les proportions de chacun des éléments qui les composent varient seules.

Dans la houille, nous trouvons, outre le carbone fixe, qui domine, des hydrocarbures pâteux, liquides et gazeux; dans le pétrole brut, nous trouvons non seulement des hydrocarbures légers, mais des huiles lourdes, des goudrons, de la paraffine, et enfin, comme résidu de distillation, du coke, carbone fixe.

Il est donc évident que la genèse de tous les combustibles minéraux compris entre ces deux extrêmes, la houille et le pétrole, est la même; la nature du phénomène qui les a produits est identique dans tous les cas : il n'y a de différence dans les résultats des réactions chimiques, que celle qui provient de la différence entre les carbures métalliques générateurs des hydrocarbures, qui se sont trouvés en présence de l'eau.

D'après notre théorie, tous ces combustibles minéraux ont été produits par la décomposition de divers carbures métalliques sous l'action de l'eau. Il en est résulté des oxydes métalliques et des hydrocarbures plus ou moins sursaturés de carbone libre, en dissolution ou en suspension dans les hydrocarbures; les questions de température et de pression, ainsi que les phénomènes chimiques concomitants qui ont pu se produire, ont influé sur la nature et la composition des combustibles. Il est impossible de s'étendre ici sur ce sujet, mais il est évident que l'anthracite a dû subir d'autres influences physiques que la houille proprement dite, au moment de sa formation; la houille pyriteuse a été formée par un carbure métallique renfermant du

sulfure de fer; certains gisements de houille ont dû être produits par éruptions successives, avec des projections intermittentes d'argiles qui ont formé les couches de schistes intercalées dans celles de la houille, en stratification concordante.

Il est certain que les éruptions des combustibles minéraux ont dû se produire surtout à l'abri de l'air oxygéné, soit à cause de la présence de l'acide carbonique en excès dans les couches de l'atmosphère enveloppant la terre, soit parce qu'elles surgissaient au fond d'une masse d'eau, mer ou lac, soit parce que l'expansion des matières carbonées se faisait au sein même des terrains qui se soulevaient ou s'imprégnaient.

La formation du lac Asphaltite ou mer Morte constitue un fait historique incontestable, marquant la date d'une éruption de bitume à l'air libre, avec formation d'un lac salé; la légende de la femme de Loth, changée en statue de sel, prouve qu'il a dû même se former un dépôt de sel considérable autour du lac; or, il se trouve toujours un dépôt salé au voisinage des grandes formations pétrolifères et houillères: ainsi près du lac Asphaltite se trouve un gîte salin important, à Wady Mahawat.

Sans vouloir nous appesantir sur les conclusions qu'on pourrait tirer de ce fait, nous ferons remarquer, en effet, que l'on trouve des sources salées et du sel gemme au milieu du bassin houiller et pétrolifère d'Alsace-Lorraine; les salines de Wiliska sont au milieu du bassin pétrolifère situé entre les Karpathes et les Balkans; dans le Donetz, il y a des mines de sel gemme au voisinage du grand bassin houiller, si connu, du sud de la Russie; une autre coïncidence, non moins intéressante à signaler, est la présence de grands amas de minerais de fer oxydés au voisinage des grands gisements houillers en Angleterre, en Lorraine, en Pologne, en Russie, etc. Y a-t-il connexité dans ces deux phénomènes? Y a-t-il eu, dans les deux cas, une origine commune ou analogue? Ou bien est-ce par suite d'un simple hasard que des décompositions chimiques ont produit aux mêmes endroits, soit simultanément, soit successivement, des dépôts aussi considérables de ces deux matières à proximité l'une de l'autre?

Nous livrons ce fait à la réflexion des géologues qui ont plus spécialement étudié ces bassins miniers, si toutefois ils veulent bien examiner les choses en admettant, pour un instant, comme base de leur examen, la théorie que nous venons de vous présenter, sur la formation des roches terrestres, car il nous paraît que cette coïncidence vaudrait la peine d'une étude spéciale.

Quant aux fossiles, ceux qu'on y rencontre ont été surpris par l'irruption soudaine de la nappe houillère, projetée en couches fluides ou pâteuses, dans des dépressions de terrains, le plus souvent couvertes d'eau ou marécageuses; le cataclysme s'est produit si vite, que poissons, insectes et plantes, se sont trouvés empâtés, moulés, puis métamorphisés, en conservant leurs formes les plus délicates.

Aujourd'hui, comme nous l'avons dit précédemment, les dernières manifestations des réactions chimiques entre l'eau et les composés binaires encore accessibles à ses infiltrations, donnent lieu aux tremblements de terre et aux éruptions volcaniques, quand de grandes masses d'eau viennent agir brusquement sur ces composés; mais, quand l'eau n'arrive que progressivement et dans des conditions spéciales, faciles à imaginer, sur certains carbures métalliques, il se forme du pétrole d'une manière continue, à la façon dont se forme l'acétylène dans une lampe garnie de carbure de calcium.

Conclusion.

Telles sont, en résumé, l'hypothèse et la théorie que nous avons étudiées depuis de longues années.

Dans presque tous les cas que nous avons été à même d'examiner sur des terrains variés, de toute nature, il nous a semblé que cette théorie servait parfaitement à expliquer la formation de ces terrains. Ces cas sont trop nombreux pour que nous puissions les exposer ici.

Nous espérons cependant avoir ouvert une nouvelle porte aux géologues pour trouver la véritable explication de la formation des roches terrestres, et nous serons heureux si, grâce à cette étude poursuivie non pas dans le silence du cabinet, mais en ayant pour seuls guides la Nature elle-même et quelques connaissances en chimie, nous avons pu indiquer aux véritables savants une voie qui paraît devoir être fertile en résultats.

RÉGULATION DES MOTEURS

APPLIQUÉS A LA COMMANDE

DES MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES

PAR

M. R.-V. PICOU

Il existe, aujourd'hui, un grand nombre de moteurs appliqués à la commande de machines dynamo-électriques, et formant avec elles des ensembles dénommés *groupes électrogènes;* mais on peut affirmer sans témérité, que le moteur spécial de groupe électrogène n'existe pas encore. Cet état de choses résulte principalement de la spécialisation dans la construction de l'une et l'autre sorte de machines. Les applications électriques n'étaient au début, pour le constructeur de moteurs, qu'un débouché occasionnel, dont l'importance ne justifiait pas une étude spéciale de son matériel; l'électricien, de son côté, occupé à la création et au perfectionnement de machines nouvelles, ne pouvait guère s'adonner à l'étude de spécialisation du matériel moteur, et se contentait des machines de service courant. Tout au plus spécifiait-il, dans ses cahiers de charges, le minimum des conditions d'établissement que l'expérience lui avait révélées être indispensables au bon fonctionnement.

Les groupes électrogènes existants sont donc le résultat d'un assemblage d'organes étudiés séparément; et la plupart des inconvénients qu'on a rencontrés dans leur exploitation n'a pas d'autre cause que cette dualité d'origine.

La machine dynamo-électrique ayant été maintenant poussée aussi près que possible de la perfection, le moment est venu d'étudier d'ensemble le groupe électrogène, en considérant ses deux constituants, moteur et dynamo, comme devant être intimement conçus l'un pour l'autre, en vue de satisfaire exactement aux conditions de marche requises par l'exploitation.

C'est un des côtés les plus importants de cette question, la régulation, que je me propose d'étudier ici.

I. — Groupe électrogène fonctionnant isolément.

Pour la clarté de l'exposé, j'étudierai d'abord le cas simple du groupe fonctionnant isolément; et, pour fixer les idées, je le supposerai formé d'une dynamo à courant continu directement attelée à un moteur à vapeur.

Dans les conditions actuelles d'établissement de groupes de ce genre, le moteur ne diffère pas, en principe, des moteurs généraux d'industrie, et pourrait être appliqué tout aussi bien à la commande de machines d'une autre nature. Il est donc établi en vue de satisfaire aux exigences générales de l'industrie. Celles-ci, bien connues, se résument en l'obtention d'une vitesse angulaire uniforme ou sensiblement telle.

Pour se conformer à ce programme général, le mécanicien a pourvu son moteur d'un appareil dit *régulateur* ou *modérateur de vitesse*, spécialement chargé d'assurer la régularité d'allure. L'immense majorité de ces modérateurs est dérivée du prototype : le pendule circulaire de Watt. Des travaux très importants ont permis de porter cet organe à un haut degré de perfection; néanmoins, on a vite reconnu que, par son principe même, il ne permet pas d'assurer l'isochronisme; mais que, tout au contraire, la condition primordiale de stabilité impose une chute de vitesse avec la charge, et que la stabilité est à peu près proportionnelle à cette chute.

Les mécaniciens ont fait porter tous leurs efforts sur la réduction dans cet écart entre les vitesses extrêmes; ils ont sacrifié de l'isochronisme juste ce qu'il fallait pour assurer la stabilité nécessaire aux applications les plus générales de l'industrie; et c'est cette machine qu'ils ont offerte à l'électricien, comme partie constitutive du groupe électrogène.

L'électricien n'a pas tardé à reconnaître qu'ainsi construite elle ne se trouvait pas exactement appropriée à ses besoins. Pour lui, la vitesse ne devrait, *en aucun cas*, diminuer quand la charge augmente; elle devrait ou rester constante, ou croître, selon le cas. Et les efforts du mécanicien pour rendre la chute de vitesse négligeable se trouvent vains; car, dès les premières tentatives de couplage, l'électricien reconnut la nécessité de redonner une valeur élevée à la chute de vitesse laborieusement réduite par le mécanicien.

L'électricien doit donc prendre l'initiative de la définition du

moteur qui lui convient. Il doit combiner ensemble *tous* les éléments du groupe électrogène pour satisfaire aux conditions finales, qui sont imposées par l'exploitation même qu'il faut organiser. Dans le cas, le plus général, de distribution en dérivation à potentiel constant, il doit tout combiner en vue d'un objectif unique qui peut se formuler : *Maintenir la tension constante, quel que soit le débit, en un point donné, éloigné de la source.* C'est là, en effet, la seule fonction du groupe.

Or cette tension U au point éloigné est égale à la force électromotrice E de la source, diminuée des pertes de charge entre elle et les appareils récepteurs. La force électromotrice est elle-même proportionnelle à la vitesse; pour compenser les pertes de charge, croissantes avec le débit, la vitesse devrait donc augmenter avec celui-ci. Mais, en fait, elle s'abaisse, à cause de la chute de vitesse imposée par le mécanicien pour assurer la stabilité.

La fonction qui relie la vitesse ω à la puissance P, résultant des conditions d'établissement du modérateur, soit $P = f_1(\omega)$, variera donc exactement à l'inverse de ce que demande l'exploitation électrique.

L'électricien doit alors faire intervenir, à son tour, un réglage de correction, et assurer par un moyen quelconque une variation de la force électromotrice E, $[E = f_2(\omega)]$ telle que, combinée avec celle du mécanicien, elle assure finalement l'indépendance de U et de P, qui est la *condition même de l'exploitation.*

Ce réglage se fait jusqu'à présent comme il suit : la dynamo est prévue pour pouvoir donner son maximum de puissance et de force électromotrice, même à la plus basse vitesse imposée par le mécanicien. Pour des puissances inférieures au maximum, l'excès de force électromotrice disponible est prévenu par l'affaiblissement, au moyen d'un rhéostat, du champ magnétique, de qui dépend la force électromotrice au même titre que de la vitesse. Le rhéostat se règle soit à la main, soit automatiquement sous l'action d'un organe dépendant de la quantité U à maintenir constante (1). En fait, on ne rencontre plus dans les usines électriques que le réglage à la main, après que presque toutes ont essayé et abandonné les appareils automatiques.

(1) On n'entend pas parler ici du *double enroulement*, ou enroulement *composé*, plus connu encore sous la désignation exotique de *compoundage*, moyen véritablement automatique, mais d'action incomplète. On verra plus loin quel parti logique il est possible d'en tirer.

La facilité avec laquelle les électriciens ont accepté cette sujétion du réglage à la main peut, à bon droit, paraître surprenante.

En industrie, on règle à la main toutes les allures variables sans loi définie, telles, par exemple, que la vitesse d'une locomotive ou la marche d'un appareil de levage; mais toute allure constante doit se régler automatiquement.

Se figure-t-on, par exemple, le réglage à la main appliqué à un moteur d'industrie ou à maintenir la vitesse d'une machine-outil quelconque ?

Pénétré de cette vérité, l'électricien essaya d'obtenir automatiquement la marche du rhéostat, assurant la tension constante. Mais l'emploi de ces appareils automatiques révéla immédiatement l'impossibilité de faire fonctionner deux régulations simultanées, vitesse et tension, sans que les interférences se produisissent entre elles, aboutissant finalement à l'absence de tout réglage.

Voyant ainsi les conditions de marche empirer, au lieu de s'améliorer, par cette recherche de l'automaticité, l'électricien, avec une docilité admirable, enleva son régulateur, et, respectant celui du mécanicien, en revint au réglage à la main, seul usité encore aujourd'hui.

C'est un état de choses illogique, résultant manifestement d'un défaut d'appropriation l'un à l'autre des deux organes juxtaposés. Ce défaut est certainement facile à corriger à la condition d'envisager l'ensemble du groupe comme une seule entité dont tous les organes doivent coordonner leurs fonctions pour tendre vers un même but.

Pour préciser les exigences de l'exploitation électrique, en ce qui concerne la vitesse angulaire, remarquons ici qu'elle dépend de la nature du courant engendré.

S'il s'agit de courant continu, cette vitesse est complètement indifférente à l'électricien; sa décroissance avec la charge est une fonction arbitraire introduite par le mécanicien, et qui met en jeu cette variable auxiliaire ω que l'électricien doit éliminer ensuite. Si, au contraire, c'est sous la forme de courant alternatif qu'est faite la transformation d'énergie, alors le désir de l'électricien est d'avoir une vitesse rigoureusement constante. Une variation dans des limites peu étendues sera seulement *tolérée;* mais il serait certainement préférable de réaliser l'absolue constante de la vitesse angulaire.

Aussi, dans la recherche des solutions du problème de la régulation du groupe électrogène, les seules à retenir seront celles qui rempliront ces deux conditions : assurer la constance de la vitesse; ou bien provoquer ses variations, dans le sens favorable au réglage électrique. Mais ce ne sont pas là les conditions définitives auxquelles on doit satisfaire; celles-ci peuvent se formuler comme il suit :

1° Maintenir constante une tension U donnée au point d'utilisation, tout en conservant à tout instant l'équilibre des efforts moteur et résistant;

2° Assurer à tout régime une complète stabilité d'allure du groupe électrogène.

Cette question de la régulation du moteur de groupe électrogène n'est pas neuve, bien entendu; des tentatives fort intéressantes ont été déjà faites, que je rappelle dans une annexe au présent mémoire. Les unes, purement mécaniques, ont pu être appliquées sans modification aux groupes électrogènes (compensateur Denis, régulateur Hargreaves); d'autres faisaient intervenir les facteurs de la puissance électrique dans la régulation (Willans, Menges); d'autres, enfin, sont des solutions purement électriques (Routin).

Aucune d'elles, je crois, n'a rempli exactement les conditions imposées par l'exploitation électrique. J'ai donc recherché, de mon côté, une solution plus complète que je vais exposer ici dans ses grandes lignes. J'indiquerai d'abord comment, à mon avis, toutes les solutions doivent être déduites de ce que j'appellerais volontiers l'équation fondamentale du groupe électrogène :

$$FV = EI.$$

Régulation électrique par asservissement différentiel des organes de distribution.

La puissance mécanique que développe le moteur est égale au produit FV de l'effort moyen F par la vitesse V du déplacement de la pièce qui reçoit l'effort.

La puissance électrique résultant de la transformation de la puissance mécanique est, d'autre part, exprimée par le produit FI de la force électromotrice par le courant I auquel elle donne naissance.

On a donc pour la puissance transformée la relation :

$$FV = EI.$$

Mais les lois de l'induction nous apprennent que, dans un champ magnétique constant, la force électromotrice est, elle-même, proportionnelle à la vitesse V. On a donc la proportionnalité :

$$\frac{E}{V} = \text{constante}.$$

D'où l'on déduit, comme conséquence directe :

$$\frac{F}{I} = \text{constante}.$$

C'est sur ces remarques, qui n'ont rien que de très connu, qu'est fondé le système de régulation que je vais exposer. La simple inspection des formules montre que le courant I est une mesure exacte de l'effort F utilement appliqué à la dynamo (déduction faite de la part des frottements et pertes intérieures que l'on peut, pour l'instant, considérer comme négligeables).

Donc, en agissant séparément sur chacun des facteurs du produit FV qui représente la puissance motrice, on varie proportionnellement chacun des facteurs du produit EI qui définit la puissance électrique.

Ceci exposé, voici comment je réalise la régulation voulue :

1° Le degré d'ouverture de la distribution, qui détermine *l'effort moyen* F, est asservi à varier en proportion directe de l'intensité I du courant, qui détermine l'effort résistant. En établissant l'exacte proportionnalité, on assure l'*équilibre dynamique* du système ; l'égalité des efforts moteur et résistant ne laisse aucune marge à une accélération ou retardation quelconque ; la vitesse reste donc constante, mais jusqu'ici indéterminée ;

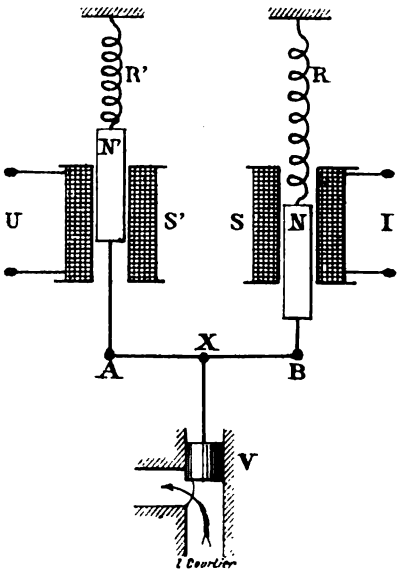
2° La vitesse nécessaire pour obtenir la tension voulue *u*, étant supposée établie, on assure sa conservation en asservissant la distribution à fermer si la tension s'élève, et inversement. Le moteur ne peut plus alors s'écarter d'une manière permanente de cette vitesse ;

3° Les deux organes de réglage en fonction de *u* ou de I peuvent être identiques ou différents ; mais, en tous cas, ils doivent être reliés au levier de commande de l'ouverture de la distribution de manière à agir sur lui différentiellement.

La figure 1 donne le schéma d'appareils purement électriques :

S est un solénoïde dont le fil est parcouru par le courant principal. Il attire son noyau N, et tend à ouvrir la valve V proportionnellement à son mouvement, le point A étant supposé fixe dans l'espace.

Fig. 1



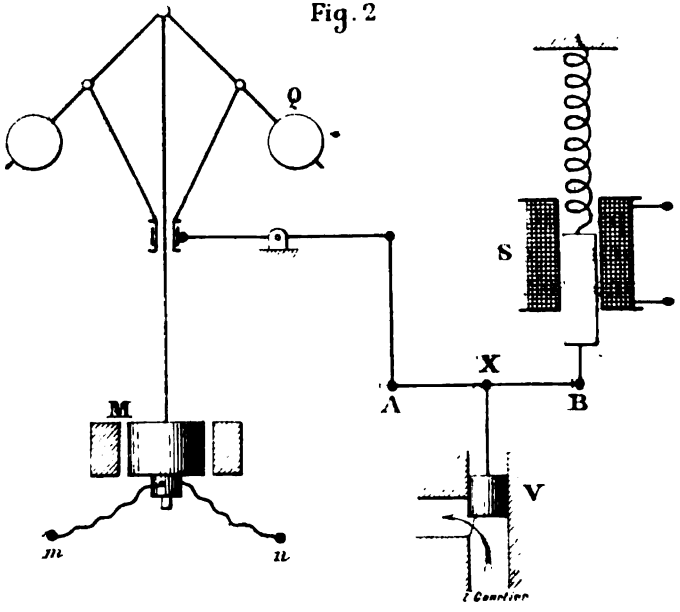
S' est un solénoïde identique, mais dont le fil, fin, est relié, en dérivation, aux points ou doit être maintenue la tension *u*. En attirant son noyau N', il tend à fermer la valve V, le point B étant supposé fixe dans l'espace.

Ce groupement d'appareils donne, comme je vais l'indiquer, une solution complète du problème de la régulation du groupe électrogène, entièrement déterminée par les conditions électriques de l'exploitation à laquelle il est affecté.

Avant de développer cette analyse, je vais indiquer les dispositions pratiques que je crois préférables. Au lieu et place du solénoïde S', j'emploie une disposition exactement équivalente comme action, mais dont les organes sont très différents. Pour des raisons d'ordre pratique, qui seront indiquées plus loin, je crois préférable de conserver sur le moteur le dispositif général du modérateur de vitesse tel qu'il est familier au construteur. Mais, au lieu de le commander rigidement par le mouvement même du moteur principal qu'il doit contribuer à régler, je le fais attaquer par un moteur électrique fonctionnant pour cet usage exclusif et relié, comme l'était le solénoïde S', aux points entre lesquels existe la tension U. On verra ultérieurement que je conserve une liaison éventuelle automatique du modérateur au moteur principal, mais il faut en faire abstraction complète ici, car elle n'intervient en rien dans la régulation du groupe. La figure 2 indique cette disposition. Le solénoïde S est lui-même remplacé par un organe équivalent, mais disposé de manière que son mouvement soit irréversible, c'est-à-dire qu'il ne puisse

obéir à une action venant du levier AB, assurant ainsi la fixité du point B dans l'espace en l'absence de toute action de S. — D'autre part, Q est le modérateur tachymétrique commandé par le moteur M, relié lui-même aux points *m* et *n* de tension U. Sa vitesse est une fonction parfaitement définie de cette tension; et par suite aussi la position de son manchon et du levier qui commande le point A. Si la tension s'élève, la vitesse du moteur

Fig. 2



augmentant, le modérateur ouvre, et la valve V tend à diminuer l'admission.

On réalise donc bien ainsi l'asservissement de la valve V à deux organes qui n'obéissent qu'aux seules variations des quantités électriques I et U; mais ils agissent différentiellement, de manière à maintenir, dans l'exemple choisi, la constance de U indépendamment de I. On pourrait aussi aisément réaliser toute autre condition bien définie.

Le nombre de dispositifs équivalents à celui qui vient d'être décrit est indéfini. Chacun des deux organes peut recevoir des formes très variées, dont aucune n'a de supériorité de principe; chaque application particulière doit donner lieu à une étude spéciale, afin que l'ensemble des organes soit le mieux approprié à ceux du moteur qu'il s'agit de régler.

Fonctionnement. — Je prendrai comme type la disposition de la figure 2, où le fonctionnement est facile à saisir. Au repos la valve est ouverte ; lors du démarrage, la dynamo principale s'amorce et détermine le démarrage du moteur M. A son tour, celui-ci agit pour fermer la valve V au fur et à mesure que sa vitesse s'accroît. L'équilibre s'établit entre l'ouverture de la valve qui détermine l'effort moteur, et l'effort résistant des pertes internes du moteur, pour une valeur déterminée de la tension *u*.

Lorsqu'on vient ensuite à fermer le circuit électrique et à faire ainsi débiter par la génératrice un courant I, l'organe S augmente l'ouverture de la valve en proportion de l'intensité, augmentant ainsi l'effort moteur.

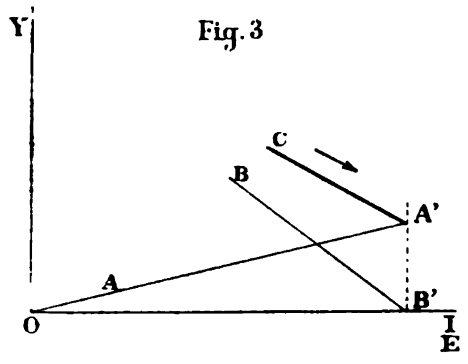
Il faut remarquer immédiatement que l'augmentation d'*effort* moteur dû à l'ouverture de la valve par S peut se produire sans nécessiter aucune variation de la *vitesse* du moteur principal. Si la loi de variation de l'ouverture avec le courant est exactement réalisée, il y aura à tout moment équilibre exact entre l'effort moteur et l'effort résistant ; aucune accélération ou retardation ne tendant à se produire, la vitesse restera absolument constante.

Mais quelle sera cette vitesse ? La valeur du courant I dépend des conditions extérieures du circuit, — qu'on peut définir globalement par une résistance R, — et de la tension U aux bornes de cette résistance. Elle varie donc, à R constant, comme cette dernière ; et la vitesse s'établira automatiquement à la valeur qui assurera à U la valeur qui donne le courant I à travers la résistance R. Nous pouvons imaginer que nous établissons à la main cette vitesse, après avoir fixé le point A et détaché la liaison du modérateur. Quand elle est obtenue, nous rétablissons cette liaison en réglant les paramètres de construction (longueurs de tiges, bras de levier, etc.) de manière à ne pas altérer la position du point A, ni, par suite, celle de la valve. L'équilibre n'est pas troublé ; mais l'intervention du modérateur nous a procuré la *stabilité* indispensable au fonctionnement de l'ensemble.

Stabilité. — Le solénoïde seul ne peut, en effet, assurer le fonctionnement. Supposons, en effet, que pour une raison quelconque, l'admission de fluide moteur dépasse pendant un instant, même très court, la quantité exactement nécessaire. Il va en résulter une légère accélération du moteur. Celle-ci se manifeste sur la dynamo par un accroissement simultané de E et de I. L'intensité

augmentant, la valve ouvrirait, et la perturbation irait ainsi en s'accentuant indéfiniment. L'équilibre dû à S seul est donc instable. Faisons maintenant intervenir l'action du modérateur. Lors de la variation simultanée de U et de I, la valve a été sollicitée par deux actions opposées ; celle de S tendant à l'ouverture, celle de R, à la fermeture. Pour que la perturbation disparaisse, il faut que cette dernière soit prépondérante.

Fig. 3



La traduction graphique de cette condition est facile. Lorsqu'une accélération produit une augmentation de E et de I, leur variation est proportionnelle, puisque R ne varie pas. Ceci posé, soit *(fig. 3)* un axe OI sur lequel seront comptées les intensités, et OY l'axe des ouvertures de la valve. Pour I croissant, la loi des ouvertures est représentée par la ligne AA'.

Pour une valeur donnée R de la résistance totale du circuit extérieur, la valeur de chaque différence de potentiel E étant égale à RI, on peut faire sans difficulté la division de l'échelle des abscisses en fonction de E pour cette valeur de R. On peut donc représenter par BB' la loi de fermeture. Lors d'une variation de vitesse, la modification totale de l'ouverture sera alors représentée par la ligne CA' dont les ordonnées sont sommes de celles de AA' et BB'. La stabilité exige donc que cette ligne soit tombante du côté des I croissants ; en d'autres termes que le coefficient angulaire α qui caractérise l'action du courant soit inférieur à celui β qui définit l'action de E, car celui de CA' est égal à leur différence.

Dans la figure ci-dessus, on a réduit les lois de variations à des droites pour la simplicité du tracé ; elles subsistent de toute évidence pour des courbes quelconques ; la stabilité sera alors variable suivant la région où l'on se trouvera ; et il ne serait pas impossible de rencontrer une région d'instabilité. Chaque machine exige donc une étude particulière de ces fonctions.

Condition électrique U = constante. — La loi imposée par l'exploitation électrique se formule le plus généralement ainsi : la tension U aux appareils d'utilisation doit être constante, quel que soit le courant qu'ils absorbent. Algébriquement, ceci s'exprime par $\frac{dU}{dI} = o$, ou U = constante.

Nous allons voir comment le dispositif décrit ci-dessus permet d'y satisfaire, en examinant de plus près son fonctionnement.

Supposons d'abord que la perte de charge E — U dans la ligne soit négligeable. C'est alors E, tension au départ, qu'il faut maintenir constante. Pour cela, étudions comment varie l'effort moyen F sur le piston moteur, en fonction de l'ouverture totale Y de la distribution. Cet effort F se mesure, par exemple, sur les diagrammes, déduction faite de frottements et autres dissipations internes. Le résultat de cette étude sera une courbe $Y = f_1(F)$. On dispose maintenant la loi de déplacement du point X *(fig. 2)*, sous l'influence de l'organe S agissant seul, de manière à réaliser la même loi $Y = f_1(I)$. Cela peut se faire en modifiant le ressort et les autres paramètres de construction de l'organe S. Le point A est maintenu fixe à la position qu'il prend lorsque la tension E alimente le moteur M.

Cela étant réalisé, il est évident que la vitesse n'aura à subir aucune variation, puisque l'équilibre constant de F et de I ne laisse de marge à aucune accélération positive ou négative. Le problème, ainsi restreint à une perte de charge négligeable, est résolu.

Mais, en application, il y a toujours une perte de charge, ne serait-ce qu'à l'intérieur de la génératrice elle-même ; et il reste à pourvoir à sa correction.

Supposons maintenant que, au lieu de réaliser exactement la loi $Y = f(I)$, qui équilibre exactement F et I, nous nous en éloignions sensiblement ; pour préciser, admettons que l'organe S ait ouvert la valve un peu trop. L'effort moteur surpassant l'effort résistant, le moteur principal va accélérer son allure, et la force électromotrice va croître. Les conditions du circuit électrique des récepteurs n'ayant pas varié, le courant va croître aussi proportionnellement à la force électromotrice.

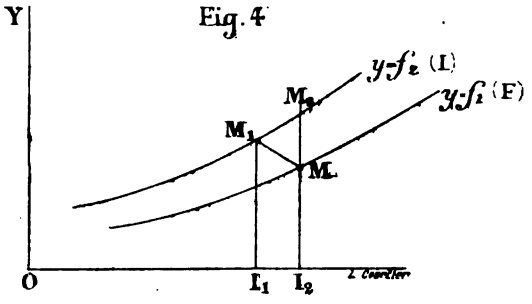
Le courant croissant tend à ouvrir la valve, la force électromotrice croissante tend à la refermer ; et comme, d'après ce qui précède, cette dernière action est prépondérante, le résultat est

une diminution de Y. L'effort moteur va diminuer jusqu'au nouvel équilibre.

La détermination du nouvel état d'équilibre est des plus faciles. Il repose entièrement sur la connaissance de la loi de variation de l'ouverture Y, lors d'une modification simultanée et proportionnelle de E et de I, dues à la variation de vitesse, loi qui vient d'être déterminée ci-dessus *(fig. 3)*, par la ligne CA' que nous pouvons continuer à supposer droite pour la simplicité des tracés.

Ceci posé, soit *(fig. 4)* $y = f_1(F)$ la loi d'équilibre entre F et I. Supposons que pour un courant I_1 l'organe S ait donné l'ouver-

Fig. 4



ture trop grande I_1M_1. La vitesse Ω augmentant, l'ouverture va diminuer en suivant la direction M_1M, déterminée par le diagramme précédent. En M, on recoupe la courbe théorique, et on retrouve l'équilibre ; le courant s'arrête à la valeur I_2. Ce courant, agissant seul, aurait déterminé une ouverture I_2M_2. Mais l'accroissement de Ω a donné à E, force électromotrice de la source, un *accroissement* tel que la valve est refermée de M_2M. Si l'accroissement correspondant de E est précisément celui qui contre-balance la perte de charge en ligne, E — U, on aura ainsi assuré la condition électrique U = *constante*.

On obtiendra donc la compensation exacte en résolvant le problème à l'inverse c'est-à-dire qu'une fois en possession de la loi $y = f_1(F)$, qui ne dépend que du mécanisme du moteur principal, on en déduira la loi $y = f_2(I)$ à laquelle doit satisfaire l'organe S. En construisant ce dernier en conséquence, on aura entièrement résolu le problème.

Le mécanisme indiqué assure donc automatiquement la constance de la tension en un point donné du réseau ; point qu'on peut fixer arbitrairement. Le groupe électrogène possède donc

des propriétés régulatrices identiques à celles qu'il aurait s'il était formé d'un moteur à vitesse rigoureusement constante, attelée à une machine dynamo-électrique à enroulement composé (compound), exactement calculé et réalisé. Le réglage, dans mon système, est même plus précis, car il permet de corriger toutes les causes perturbatrices de la tension quelles qu'elles soient, même les variations de résistances dues à celles de la température des fils et des câbles, etc., ce qui n'a pas lieu dans le réglage par enroulement composé.

Il est important de remarquer que la régulation est obtenue sans aucun emploi de rhéostat dans le circuit de l'excitation, et sans aucune obligation relative au bobinage de la machine dynamo-électrique.

C'est la variation de la vitesse angulaire Ω du moteur principal qui produit seule le réglage de la tension.

Variante. — Remarquons que, si le moteur M était relié au point où la tension est U, on rentrerait dans le cas examiné en premier lieu, et on pourrait se dispenser de l'étude de la modification de la loi d'ouverture. Il existe bien, en général, entre l'usine et le point éloigné, des *fils pilotes*, qui permettent de connaître à l'usine la valeur de U. Mais leur section est souvent beaucoup trop faible pour qu'on puisse leur demander l'alimentation du moteur M. Cela n'est d'ailleurs pas nécessaire, et on peut aisément obtenir que ce moteur fonctionne comme s'il était relié au point éloigné. L'électricien dispose, pour cela, de plusieurs moyens, dont le plus simple est sans doute l'emploi d'un bobinage composé (compound) sur l'inducteur de ce moteur. Le circuit de fil fin de ce bobinage étant relié au tableau de l'usine, celui de gros fil recevra le courant principal, ou une partie proportionnelle de ce courant principal. Le champ magnétique étant ainsi renforcé par le courant, l'allure ralentira; et, par un dimensionnement convenable de ce bobinage, on arrivera à imposer au moteur la même constance de vitesse que s'il était alimenté sous la tension fixe U.

Dans l'hypothèse où il s'agirait de courant alternatif, les propriétés des transformateurs permettraient de résoudre le même problème d'une manière tout aussi simple.

Grandeur de la variation de la vitesse angulaire. — Cette variation est facile à déterminer si l'on connait la caractéristique de la

machine dynamo-électrique. En tous cas, on en a une évaluation très approchée en admettant que le champ magnétique conserve une valeur constante, quelle que soit la charge (sur une dynamo excitée en dérivation). Ceci est très voisin de la vérité, car si, d'une part, ce champ est affaibli par la réaction de l'induit, d'autre part, il est relevé par l'accroissement du courant d'excitation, dû à celui de la force électromotrice qui se relève elle-même avec la vitesse. Il y a là deux actions inverses, dont la dernière sera même souvent prépondérante.

On obtient donc une limite supérieure de la variation de la vitesse angulaire Ω en écrivant qu'elle est égale à celle de la force électromotrice :

$$\frac{\Delta\Omega}{\Omega} = \frac{E - U}{E} = \frac{RI}{E},$$

R étant la résistance des lignes jusqu'aux appareils récepteurs.

La perte de charge $E - U = RI$ dépassant rarement le dixième de E, on voit que la variation de Ω sera environ $\pm$ 5 0/0 par rapport à la vitesse moyenne, variation assez faible pour être acceptable dans un grand nombre de cas.

Constance de la vitesse angulaire. — Mais il est souvent désirable de maintenir cette dernière constante; c'est notamment ce qui doit être recherché lorsque la génératrice électrique est un alternateur. Les récepteurs utilisant cette forme de courant sont construits pour fonctionner sous une fréquence constante, dont il convient de ne pas s'éloigner notablement. En outre, certains moteurs, tels que les turbines hydrauliques, se prêtent assez mal à des variations de vitesse de quelque amplitude.

C'est alors seulement que l'électricien doit recourir aux procédés classiques de relèvement de la tension : le double enroulement, ou l'action d'un rhéostat sur l'excitation. Ces procédés classiques n'en restent pas moins complétés par les *petites* variations qui restent possibles dans la vitesse.

Ainsi, le *double enroulement* d'excitation sera le dispositif bien connu; mais, au lieu d'être chargé de faire seul tout le réglage, il n'a plus maintenant pour fonction principale que de réduire l'amplitude des variations de vitesse qui assurent par elles-mêmes le réglage de la tension.

Quant au *rhéostat* d'excitation, il est aussi applicable; mais avec cet avantage inappréciable qu'il permet maintenant d'assurer

une *régulation entièrement automatique*. Il suffit, pour cela, de lier la tringle de commande du rhéostat au mécanisme de distribution *(fig. 5)*.

La vitesse étant, en effet, rigoureusement constante, par hypothèse, il n'existe plus qu'une seule valeur de la force électromotrice et, par suite, *une seule position du rhéostat pour chaque valeur de la puissance* P.

Comme il en est de même pour les valeurs de l'admission, c'est-à-dire pour les positions du point X, il est alors tout indiqué d'attacher la tige de commande du rhéostat au point X, ou au point B, qui est équivalent, le point A étant fixe dans l'espace.

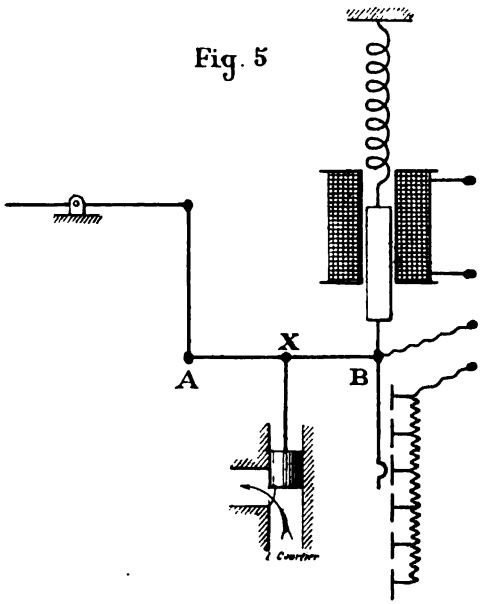


Fig. 5

L'électricien n'a alors qu'à étudier, sur sa dynamo, la loi de variation de l'excitation avec la puissance pour satisfaire à la loi de l'exploitation électrique. Il lui sera alors facile de répartir entre les touches du rhéostat R les résistances convenables pour être assuré de satisfaire aux conditions imposées. De très faibles variations de la vitesse angulaire Ω pourront encore entrer en jeu, pour corriger quelques écarts accidentels dans les réglages; mais leur amplitude restera alors dans l'ordre de grandeur des choses tout à fait négligeables.

Cas de générateur à courant alternatif. — J'ai signalé ci-dessus qu'on peut recourir au bobinage d'excitation composé (compound) pour obtenir le même résultat; mais ce moyen n'est facilement applicable qu'en courant continu. Pour les alternateurs, il existe bien des dispositions d'autoexcitation équivalentes au double enroulement, notamment celles dues à MM. Maurice Leblanc et Boucherot, mais leur emploi est encore trop restreint pour qu'on

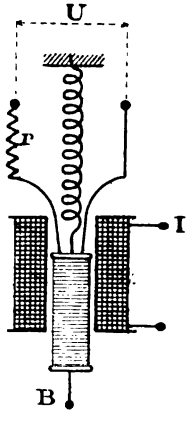
puisse en faire état dans la recherche d'une solution générale de la régulation du groupe électrogène.

Or, faute d'adopter l'une ou l'autre de ces dispositions, une difficulté nouvelle surgit; elle est due à ce que l'expression de la puissance électrique d'un courant alternatif contient un nouveau facteur, le *décalage* φ entre la force électromotrice et le courant. Cette expression :

$$P = EI \cos \varphi$$

indique que ce n'est pas l'intensité I qui doit régler l'introduction, mais seulement cette composante de l'intensité, I cos φ, qui est en phase avec la force électromotrice et qu'on appelle souvent la composante *wattée*.

Fig. 6



Pour satisfaire à cette nouvelle condition, il suffit de modifier convenablement l'organe régulateur électrique *(fig. 6)*. Le solénoïde S, que nous avons décrit comme agissant sur un noyau de fer F, devra maintenant agir sur une bobine mobile, substituée à ce noyau. Cette bobine porte une grande quantité de fil fin, résistant, dont les extrémités sont reliées, en dérivation, à deux points où la tension est maintenue constante et égale ou proportionnelle à U.

La résistance de ce circuit devra, bien entendu, être assez grande pour que le courant qui le parcourt soit en phase avec la force électromotrice; elle est complétée par une résistance extérieure *r*.

Dans ces conditions, l'organe agit comme un wattmètre; il développe un effort proportionnel à UI cos φ, et, comme U est constant, à I cos φ. C'est bien à cette quantité que doit se proportionner l'effort moteur.

Mais si cette difficulté est aisément surmontée, il en surgit une autre, due encore au décalage. La composante en quadrature I sin φ n'agit en rien sur la puissance absorbée par la dynamo, et c'est pour cette raison que nous la supprimons dans l'organe régleur de l'introduction. Par contre, elle agit beaucoup plus énergiquement que l'autre pour affaiblir, par réaction d'induit directe, la force électromotrice de la dynamo. Remarquons que, pour des courants I inégaux, la puissance ne dépend que

de la composante wattée, et la perte de force électromotrice directe que de la composante déwattée. Il est donc absolument logique d'opérer un réglage double, chacune des composantes agissant séparément, par l'intermédiaire d'un organe qui n'obéira qu'à cette composante.

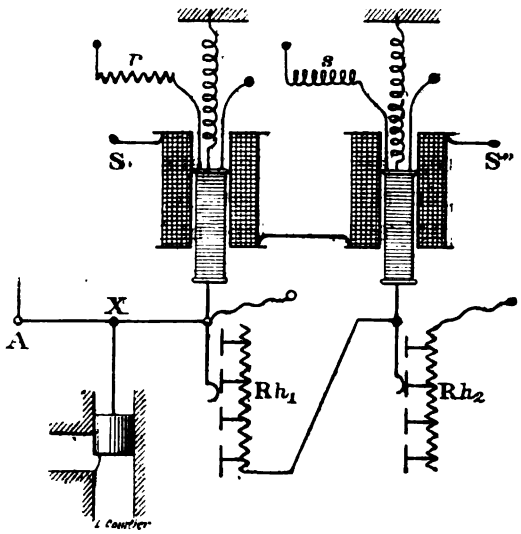
Je commande donc un second rhéostat par un autre appareil identique à celui de la figure 6, mais disposé de manière à n'obéir qu'à la composante en quadrature. A cet effet, dans le circuit de la bobine B, j'intercale non plus une grande résistance r, mais une self-induction s, ou une capacité de valeur appropriée. Cette substitution a pour effet de varier le décalage φ d'un angle $\frac{\pi}{2}$ soit en avant, soit en arrière de sa position primitive. Ainsi disposé, l'appareil de la figure 6 agit en proportion de :

$$EI \cos\left(\varphi \pm \frac{\pi}{2}\right) = \pm EI \sin \varphi.$$

Il réalise donc bien un pseudo-wattmètre agissant en proportion de la composante en quadrature (déwattée).

Celle-ci n'intervenant en rien dans l'expression de la puis-

Fig. 7



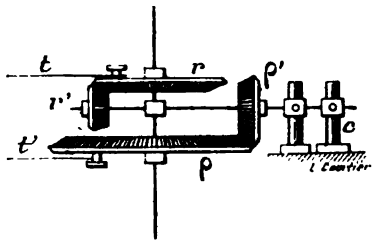
sance absorbée, l'organe devra agir sur son rhéostat uniquement, sans aucune liaison immédiate avec les organes de la distribu-

tion. La figure 7 donne le schéma de l'ensemble des deux appareils.

Il est également possible de faire agir les deux organes sur un rhéostat unique; il suffit, pour cela, que sa touche de contact reçoive un mouvement qui soit la somme algébrique de ceux imposés par chacun d'eux. C'est à quoi l'on parvient aisément en rattachant cette touche mobile au bras porte-train d'un train d'engrenage différentiel *(fig. 8)*.

Les tiges t et t', reliées au wattmètre et au pseudo-wattmètre, ajoutent leurs déplacements et donnent au bras porte-train un déplacement totalisé. Les déplacements du contact C se produisent donc sous l'action de chacune des composantes du courant principal. Il est facile de donner à chacune d'elles son degré d'action approprié; en effet, les rapports des roues rr' et $\rho\rho'$ sont des paramètres de construction qui permettent de proportionner convenablement l'action de chacun des deux organes de réglage.

Fig. 8



Il va sans dire que les rhéostats, que j'ai supposés intercalés dans l'excitation de l'alternateur, peuvent être insérés dans celle de son excitatrice; ce n'est là qu'une des nombreuses variantes de détail qu'il est possible d'imaginer et qui relèvent de procédés très connus de l'électrotechnique.

Le procédé de régulation que je viens de décrire est, je crois, aussi complet et général qu'on peut le désirer. Cependant, on peut remarquer que j'ai implicitement supposé la pression du fluide moteur maintenue constante; condition nécessaire pour que chaque ouverture de la distribution corresponde à une valeur déterminée de l'effort moteur. Quand il s'agit de moteurs à vapeur, la constance de pression dépend du fonctionnement du *détendeur*. A lui seul, cet accessoire mériterait une étude approfondie; je n'en dirai ici que quelques mots, mais qui trouveront mieux leur place après que j'aurai parlé des systèmes couplés en parallèle.

Je dois encore signaler que la commande du modérateur de vitesse par un moteur électrique relié aux barres du tableau a été proposée et appliquée, il y a quelques mois, par M. E. de

Marchena (1), quoique dans un but tout différent. Il se proposait seulement d'éviter les réactions mutelles entre moteurs couplés en parallèle. C'est un point sur lequel je vais revenir un peu plus loin pour en étendre le bénéfice aux autres parties du système régulateur.

Je dois ajouter que, comme M. de Marchena, je crois prudent de conserver un mécanisme de commande éventuelle du modérateur de vitesse par le moteur principal lui-même, en disposant ce mécanisme de manière qu'il n'entre en action, pour se substituer au moteur électrique, qu'en cas de défaillance de celui-ci. C'est là une combinaison cinématique d'une réalisation facile; cette disposition rendra des services lors des démarrages, en particulier, ou elle agira seule jusqu'à ce que la dynamo principale ait pu s'amorcer et entraîner elle-même le moteur électrique du modérateur.

II. — Groupes électrogènes couplés.

Il faut considérer maintenant le cas où plusieurs groupes électrogènes doivent fonctionner couplés parallèlement sur le même circuit.

Le couplage introduit de nouveaux facteurs dus aux réactions possibles des divers groupes les uns sur les autres. On les étudie assez facilement en partant de la remarque fondamentale suivante, dont l'absolue exactitude n'a été reconnue qu'assez récemment.

Le couplage de plusieurs groupes en parallèle sur un réseau *équivaut à* l'établissement d'*une liaison élastique de ces groupes* avec le réseau et, par conséquent, *entre eux*.

On pourra donc assimiler deux groupes électrogènes couplés à deux moteurs à vapeur, par exemple, reliés tous deux à une même transmission, mais chacun par l'intermédiaire d'un lien élastique tel que le manchon Raffard à bagues de caoutchouc.

La puissance P, délivrée à la transmission ou au réseau, sera la somme des puissances P′ et P″ des deux groupes. Il est évidemment désirable que P′ et P″ soient constants, et que le partage convenable des charges se trouve ainsi réalisé; mais il est clair que, si liaison est élastique, il pourra se produire sous l'action de certaines causes, un partage inégal et irrégulier; de

(1) *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, 1902.

telle sorte, que tout en conservant une somme égale à P, les deux fonctions P′ et P″ pourront prendre des valeurs complémentaires, mais, autrement, tout à fait arbitraires.

Les seules causes d'inégal partage qui soient à redouter sont évidemment celles qui ont un caractère périodique; les autres peuvent toujours être corrigées par construction. Les principales sont : 1° les oscillations à longue période, introduites par le modérateur de vitesse, et qui ont pour origine une variation brusque de la charge extérieure; 2° les inégalités périodiques de l'effort moteur sur l'arbre dans les machines à piston.

Une vitesse qui varie périodiquement peut s'exprimer analytiquement par l'équation :

$$\omega = \Omega + \omega_1 \cos 2\pi \frac{t}{T},$$

où ω est la vitesse réelle, Ω la valeur uniforme autour de laquelle se fait l'oscillation, ω_1 l'amplitude de la variation et T sa durée périodique. Je suppose, pour simplifier, que la variation suit la loi pendulaire simple; toute autre loi plus compliquée exigerait l'introduction des termes supérieurs de la série de Fourier. Autour de la valeur uniforme désirable Ω, l'allure vraie présente donc une variation harmonique :

$$\Delta\omega = \omega_1 \cos . \, 2\pi \frac{t}{T},$$

qu'on peut étudier seule, indépendamment de la valeur de Ω.

L'écart de position dans l'espace se définit par l'angle θ que fait la manivelle réelle avec une manivelle idéale tournant à l'allure uniforme Ω.

En ne considérant toujours que le premier terme de la série de Fourier, qui suffit pour les déductions que nous voulons en tirer, nous obtiendrons les équations générales du mouvement, en régime permanent, ainsi qu'il suit :

Soit f la force perturbatrice variable périodiquement, dont F est l'amplitude; on écrit :

$$f = \mathrm{F} \sin 2\pi \frac{t}{T},$$

où T est la durée de l'oscillation.

L'équation des quantités de mouvement :

$$\mathrm{K}d\omega = f \, . \, dt$$

donne (K étant le moment d'inertie du système) :

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{f}{K} = \frac{F}{K} \sin 2\pi \frac{t}{T},$$

d'où :

$$\Delta\omega = \frac{F}{K} \cos 2\pi \frac{t}{T}.$$

D'autre part, comme :

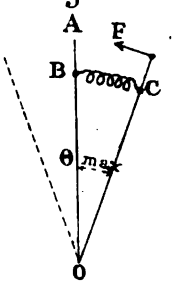
$$\omega = \frac{d\theta}{dt}$$

on obtient immédiatement :

$$\theta = -\frac{F}{K} \sin 2\pi \frac{t}{T}.$$

On voit ainsi que le déplacement angulaire θ provoqué par f ne suit pas immédiatement la force, mais bien qu'elle retarde sur elle d'une demi-période. Il est donc maximum négatif, c'est-à-dire en arrière de la manivelle idéale OA *(fig. 9)* au moment où la force est elle-même maximum positive, c'est-à-dire tendant à ramener le mobile vers la position moyenne.

Fig. 9



Introduisons maintenant une liaison élastique dépendant de l'angle θ; elle sera représentée, par exemple, par un ressort BC attaché, d'un côté, à la manivelle réelle, de l'autre, à la manivelle idéale. L'angle θ va y produire une force élastique, qui variera comme lui, et dont l'action au point C, est évidemment superposée à la force F, de même signe, et agissant à l'unisson avec elle.

Cette liaison *augmente* donc l'effet de la force perturbatrice; et l'angle θ maximum est plus grand lorsqu'il y a liaison élastique qu'en son absence.

Une oscillation due à une force perturbatrice irait en augmentant indéfiniment d'amplitude, si le mouvement n'était limité par *l'amortissement*. L'étude analytique complète du problème nécessiterait donc l'introduction de ce terme dans le calcul. Ce n'est pas ici le lieu de le faire ; il est suffisant d'indiquer le mécanisme de cet amortissement,

L'oscillation résulte d'un échange d'énergie entre le mobile et le lien élastique; sur le mobile elle est à l'état de puissance vive; dans le lien, sous forme d'énergie potentielle de tension moléculaire. L'échange est une transformation d'énergie et, comme

toutes les transformations, ne se fait pas au rendement unité. Elle est accompagnée de ce qu'on appelle souvent une *dissipation*, mais qui n'est réellement qu'une *dégradation* de l'énergie, dont une partie apparaît en chaleur sensible.

L'équation du mouvement est une différentielle du second ordre, dont l'intégration conduit à une expression à coefficients exponentiels, et où figurent les différents paramètres énumérés, notamment l'élasticité et l'amortissement. La traduction graphique de cette formule varie principalement avec la valeur de l'amortissement.

Avec une valeur nulle, on a une loi périodique simple, et le déplacement relatif, ou l'angle θ, est représenté par une courbe de la nature de la figure 10. Avec un amortissement faible, l'allure prend la forme définie par la figure 11.

La valeur continuant à croître, l'allure devient celle de la

Fig. 10

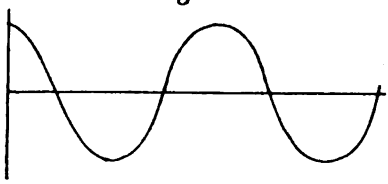


Fig. 11

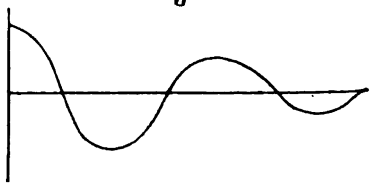


Fig. 12

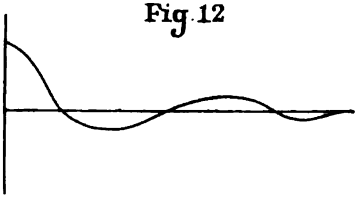


Fig. 13

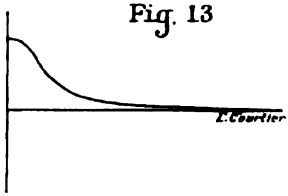


figure 12. Enfin, à partir du moment où l'énergie oscillante peut être complètement dégradée pendant la durée du quart d'une période (amortissement critique), il n'y a plus d'oscillation, et l'angle s'annule progressivement, plus ou moins vite, mais sans dépasser le zéro *(fig. 13)*.

En pratique, qu'il s'agisse d'une liaison élastique ou électrique, l'amortissement est, dans le cas que nous considérons, d'une valeur assez faible pour qu'il y ait toujours plusieurs oscillations.

J'ai été amené a étudier cette question des liaisons élastiques, il y aura une dizaine d'années, lors d'une tentative de régularisation

du mouvement transmis par un moteur à gaz par l'emploi d'un accouplement Raffard. J'avais cru bien faire en intercalant cet organe entre le moteur et le récepteur, dynamo pourvue d'un assez faible moment d'inertie. A ma grande surprise, l'effet du Raffard fût à peu près nul; et son immobilisation apporta plutôt une amélioration dans la tenue générale de l'ensemble.

Ce fait allait tout à fait à l'encontre des idées généralement acceptées à cette époque; j'en recherchai la cause analytique ment, et j'arrivai à cette conclusion que, sans amortissement ou avec une faible valeur, la *liaison élastique amplifie la perturbation.* Devant l'imprévu de ce résultat, je n'avançai ce fait qu'accessoirement, dans une courte étude sur les moyens de régulariser le mouvement des moteurs à gaz, étude que publia l'*Industrie électrique* (1). Elle n'y passa point inaperçue, et détermina diverses communications, notamment à la « Société internationale des Électriciens » (2), où plusieurs de mes éminents Collègues élucidèrent la question, en étendant et complétant une démonstration un peu sommaire.

Il s'agissait alors d'une liaison élastique d'ordre exclusivement mécanique; la question n'avait donc qu'un intérêt assez restreint. Les faits demeurèrent acquis, mais oubliés, jusqu'au moment où ils revinrent au jour d'eux-mêmes, à propos des liaisons élastiques électriques établies par le couplage en parallèle des machines dynamo-électriques.

Pendant de longues années, les électriciens éprouvèrent de gros déboires en essayant le couplage en parallèle des alternateurs. Cette opération se présentait tantôt comme impossible, tantôt comme très facile à réaliser, sans que les conditions en fussent bien précisées. Les électriciens discutèrent beaucoup sur les qualités qu'il fallait donner à leurs dynamos pour faciliter le couplage, sur le quantum de self-induction convenable, etc. Tout cela resta sans grand résultat jusqu'au jour où, cessant de n'envisager que la dynamo, ils étendirent une vue d'ensemble sur le groupe électrogène complet, pénétrant ainsi par nécessité dans le domaine du constructeur mécanicien. Ils n'eurent pas de peine alors à comprendre :

1° Que les perturbations de vitesse angulaire qui entravent la marche parallèle ont leur origine dans le moteur du groupe;

(1) *Industrie électrique*, année 1894, p. 341.
(2) *Industrie électrique*, année 1894, p. 517; *Bulletin de la Société Industrielle des Electriciens*, année 1894. Ch.-Ed. Guillaume : Couplage élastique des moteurs.

2° Que la conséquence de ces perturbations était la création d'un couple électromagnétique agissant comme retardateur sur la machine en avance, et accélérateur sur la machine en retard — c'est-à-dire exactement comme le ferait un ressort dont chaque extrémité serait attachée à l'un des deux volants; couple, par conséquent, équivalent à une réaction élastique;

3° Que la perturbation angulaire θ que prendrait un moteur agissant seul sur le réseau, est amplifiée du fait de cette réaction élastique, lorsque deux ou plusieurs groupes sont mis en fonctionnement parallèle, et que l'amortissement n'est pas spécialement exagéré.

Tant qu'ils ne s'étaient occupés que de leurs dynamos, les électriciens avaient cherché à augmenter la solidité du lien élastique; mais il leur devint ainsi évident que le premier point aurait dû être l'étude de l'origine de la perturbation et des moyens d'en réduire l'amplitude originelle.

Il est extrêmement important pour l'électricien de connaître l'amplitude maxima possible, dans des conditions données, puisque d'elle seule dépend la possibilité de la marche parallèle des dynamos. Dans le cas de machines à courant continu, on peut considérer le lien comme capable d'un allongement indéfini, en ce sens que θ peut croître indéfiniment sans que la marche parallèle en soit empêchée; mais tout autre est le cas des alternateurs. Pour ceux-ci, pour une valeur finie de θ, le couple de réaction électromagnétique peut devenir insuffisant à corriger la perturbation. On peut dire que, pour cette amplitude, la limite d'élasticité du lien est atteinte; au delà, le phénomène n'étant plus réversible, la rupture ne tarde pas à se produire. L'électricien dit qu'il y a désynchronisation, ou, plus familièrement, décrochage des dynamos.

L'amplitude maxima n'est pas toujours aisément calculable; elle dépend beaucoup de la cause originelle de l'oscillation; et nous sommes ainsi ramenés à examiner les deux causes les plus générales, rappelées plus haut :

1° Perturbations ayant pour origine le modérateur de vitesse;

2° Perturbations provenant des variations de l'effort moteur, dans les machines à mouvement alternatif.

Action du modérateur de vitesse. — Considérons deux machines couplées, pourvues de modérateurs de vitesse montés à l'ordinaire. Une augmentation brusque de la charge va les mettre tous

deux en jeu; et, s'ils ne sont pas rigoureusement identiques dans leur action, les charges vont se partager inégalement entre les moteurs. Pour rétablir l'égalité; le moteur qui se surcharge devrait voir son introduction diminuer; et l'inverse devrait se produire pour l'autre. Or, c'est exactement le contraire de ce que vont faire les modérateurs de vitesse. La machine surchargée aura son introduction augmentée, et l'inégalité accidentelle tend à s'accentuer par la fonction même imposée au modérateur de vitesse. Cet organe est donc *antirégulateur* du partage de charge.

Les questions d'échanges de charge sont le plus souvent liées, dans l'esprit des électriciens, à celle de la commande d'alternateurs; mais elles se produisent aussi bien avec les machines à courant continu. Le premier exemple où ce phénomène se soit manifesté et dont il m'a été donné d'être le témoin remonte assez loin, et probablement à la première tentative faite pour coupler en parallèle deux groupes électrogènes à courant connu. En 1882, la Compagnie américaine Édison montait à New-York sa première usine, dans Pearl Street. Cette usine contenait six groupes de 100 kilowatts chacun, dont les moteurs étaient des machines Porter munies du modérateur bien connu de ce constructeur. Lors des essais préliminaires, que j'étais appelé à suivre, la tentative de mise en parallèle, qui semblait devoir ne rencontrer aucune difficulté, fut un échec complet. Les deux machines se repassaient successivement la charge, et prenaient une allure de vitesse périodique, dont l'amplitude était extrêmement étendue.

L'une d'elles arrivait à s'arrêter presque complètement pendant que l'autre s'accélérait et dépassait de beaucoup la vitesse de régime. Puis, la première reprenait de la vitesse pendant que l'autre ralentissait et ainsi de suite indéfiniment. Pour arriver à un régime stable, il fallait — et c'est le seul point qu'il importe d'en retenir ici — *solidariser rigidement tous les modérateurs.*

Pendant les années 1901 et 1902, la Société internationale des Électriciens a fait une étude très approfondie, théorique et expérimentale, des conditions de marche en parallèle et des réactions mutuelles des machines couplées, sous l'action tant de leurs distributions que de leurs modérateurs de vitesse. Je ne puis pas indiquer ici le détail des conclusions de ces études, résultat de la collaboration de nombre de ses membres :

MM. Boucherot, M. Leblanc, David, Blondel, Rateau, de Marchena, Guilbert, etc. (1). Je n'en retiendrai que celles qui ont un rapport très immédiat avec le présent sujet.

L'absolue nécessité d'avoir un important écart de réglage (défaut d'isochronisme) combiné avec la convenance de maintenir constante la fréquence du courant entraîne la condamnation définitive du régulateur tachymétrique simple, dérivé du pendule de Watt, qui ne peut satisfaire seul à ces deux conditions contradictoires.

Quel que soit, d'ailleurs, le modèle de modérateur tachymétrique adopté, la pratique, d'accord avec la théorie, a montré qu'il devait remplir certaines conditions bien définies, pour rendre simplement possible le couplage en parallèle.

On a donc reconnu, sans peine, qu'il fallait : 1° accentuer l'écart de réglage, que les mécaniciens avaient mis tous leurs soins à réduire autant que la conservation de la stabilité le permettait; 2° composer ces modérateurs de préférence au moyen de masses relativement légères, tournant vite, et rappelées par des ressorts énergiques; 3° enfin, et surtout, faire emploi d'*amortisseurs* (dash-pots) destinés à absorber la puissance vive de variation de position du modérateur, et réglés par tâtonnement au voisinage de l'amortissement critique.

Mais il est un moyen plus radical de supprimer toute oscillation perturbatrice : il consiste à *soustraire la distribution à l'effet des courants de circulation* qui constituent le lien élastique; ceci équivaut à la liaison rigide des modérateurs telle qu'on a dû la réaliser à Pearl Street. C'est dans ce but que M. E. de Marchena a imaginé de commander le modérateur, non par le moteur principal lui-même, mais bien par un moteur électrique branché directement aux barres générales du tableau de distribution.

Dans ces conditions, les courants de circulation qui s'échangent entre deux machines A et B ne déterminent aucune variation dans l'introduction du fluide moteur. D'autre part, les modérateurs étant reliés aux barres où la tension a une valeur unique, restent dans des conditions identiques entre eux, même lorsque cette tension varie par modification de la charge du réseau.

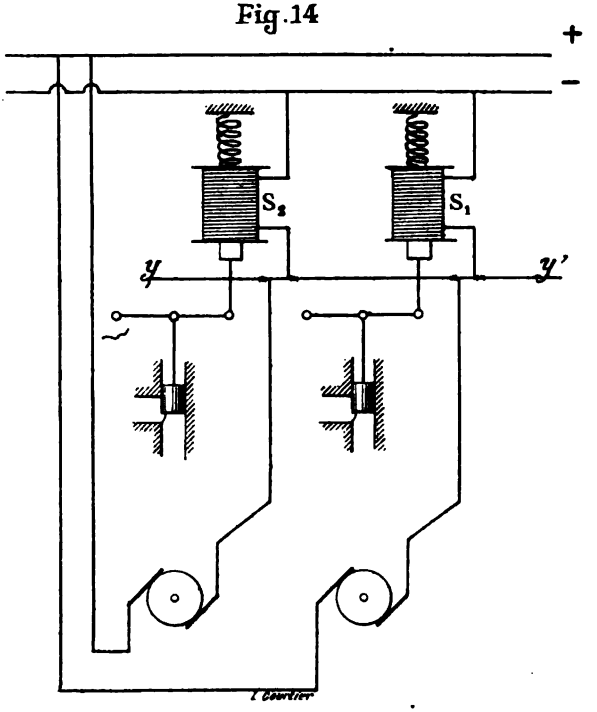
La même propriété est assurée à mon dispositif purement électrique de la figure 2. Si j'ai préféré adopter la combinaison de

(1) *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, années 1901 et 1902.

M. de Marchena, c'est, je l'avoue, pour tenir compte de raisons tirées de la nature humaine. Je crois que les constructeurs mécaniciens, dont la responsabilité est engagée dans le fonctionnement du groupe électrogène, accepteront d'autant plus facilement une régulation nouvelle qu'elle respectera mieux leurs habitudes antérieures et qu'elle leur conservera comme organe de secours entrant automatiquement en action lors d'une défaillance de l'autre, celui auquel ils ont toujours jusqu'ici confié la fonction régulatrice. De là la combinaison de la figure 3. La première est peut-être théoriquement plus satisfaisante, comme éliminant complètement les effets de la puissance vive des modérateurs; mais la seconde m'a paru plus facilement réalisable, tout en sacrifiant infiniment peu des qualités de régulation de l'ensemble.

Partage des charges. — Mais, outre le modérateur, le système régulateur contient encore le solénoïde S, ou l'organe équiva-

Fig. 14



lent; et de ce côté aussi il importe de soustraire la distribution à l'effet des courants de circulation possibles entre dynamos.

C'est à quoi je parviens encore, en même temps que j'assure l'exact partage des charges entre toutes les machines en jeu, en établissant la jonction des courants *avant* les solénoïdes, au moyen d'un *fil d'équilibre yy' (fig. 14)*.

Ceci revient encore, comme on le reconnaît aisément, à n'intercaler l'organe d'ouverture $S_1 S_2$ qu'après le couplage fait. Les courants d'échange passeront par le fil *yy'* de section appropriée et ne circuleront pas par les solénoïdes. Il suffit donc d'égaliser les résistances électriques de ces derniers pour être assuré d'un partage exact et permanent de la charge totale entre tous les moteurs en action, quel qu'en soit le nombre.

L'échange de charge d'une dynamo à une autre est parfois une opération voulue. Ainsi, lorsque le premier groupe unité d'une usine arrive à être à peu près à sa pleine charge, il devient nécessaire d'en mettre un second en marche, et de partager entre les deux la charge préexistante. Cette opération, si elle n'est pas faite avec un certain soin, peut être la cause déterminante d'oscillation au régulateur. En fait, la mise en service d'un nouveau groupe unité sur un réseau est considérée comme une manœuvre plutôt délicate, dans les usines à courant alternatif. Elle l'est, en effet, mais uniquement parce que, là encore, l'électricien n'a pas su imposer les dispositions mécaniques propres à la rendre tout à fait facile.

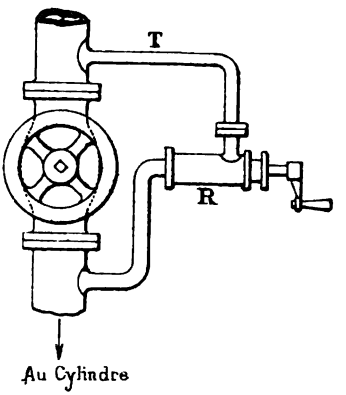
Avec les dispositions en usage pour les modérateurs de vitesse, il n'y a, comme nous l'avons vu, qu'une seule vitesse compatible avec une puissance donnée, et, par suite, une seule grandeur de l'introduction. Or, pour coupler en parallèle deux alternateurs, il faut de toute nécessité amener la machine à vide à posséder la même vitesse angulaire que la machine en charge, et cela à moins d'un centième près. Comme à la même vitesse les moteurs ont la même introduction, et que l'un est à vide, l'autre en charge, on comprend que cela soit impossible par le jeu naturel des organes. Le conducteur de la machine doit donc artificiellement réduire le couple moteur en agissant non plus sur l'introduction, mais sur la pression de la vapeur; il obtient ce résultat en laminant la vapeur au moyen de la valve principale intercalée sur le tuyau d'amenée. Mais cet organe, n'étant nullement destiné à jouer le rôle de détendeur, ne le fait que d'une manière fort imparfaite, et ne permet pas de maintenir pendant un temps notable la vitesse de synchronisme. Aussi faut-il, pour ainsi dire, attraper au vol l'instant propice au cou-

plage, après avoir souvent attendu plusieurs minutes pour voir la vitesse passer, pas trop rapidement, par la valeur voulue.

Une fois les machines accrochées, la manœuvre graduelle de la même valve permet de charger le groupe nouveau pendant que l'ancien se décharge. Pour cela encore la valve est assez mal appropriée.

J'ai simplifié cette manœuvre en installant *en dérivation* sur la valve principale *un tuyau* T de petit diamètre, *barré par un robinet à pointeau* R *(fig. 15)*, permettant un laminage très progressif de la vapeur et une variation très lente du débit de vapeur. Il suffit qu'à son débit maximum, ouvert en grand, il permette le passage de la vapeur en quantité juste suffisante pour porter l'alternateur excité, mais sans charge, un peu au delà de sa vitesse de régime. Le réglage devenant alors très facile, la vitesse de synchronisme est aisément atteinte et le couplage est rapidement fait. De plus, il se produit sans aucune perturbation du régime, car, le moteur nouveau ne recevant la vapeur qu'en quantité juste suffisante pour fournir la puissance dissipée dans le travail interne, il est impossible qu'elle prenne aucune part de la charge du réseau. Aucun échange de charge n'est possible, et aucun régime oscillatoire ayant pour origine l'effet de cet échange sur les modérateurs de vitesse ne peut prendre naissance au moment de l'accrochage.

Fig. 15



Mais il n'est pas impossible qu'un tel régime prenne naissance un peu après, si l'on donne, par exemple, une ouverture trop brusque à la valve principale, surtout si l'écart de vitesse est insuffisant.

La disposition décrite est beaucoup moins indispensable dans le système de régulation que j'ai développé ci-dessus, puisque celui-ci peut être appliqué de manière à maintenir la constance de la vitesse à toutes charges. Il est alors préférable d'ouvrir immédiatement en grand la valve principale, et c'est alors celle de la distribution qui règle, sous l'action du modérateur de vitesse, la quantité de vapeur admise. Il existe alors de nom-

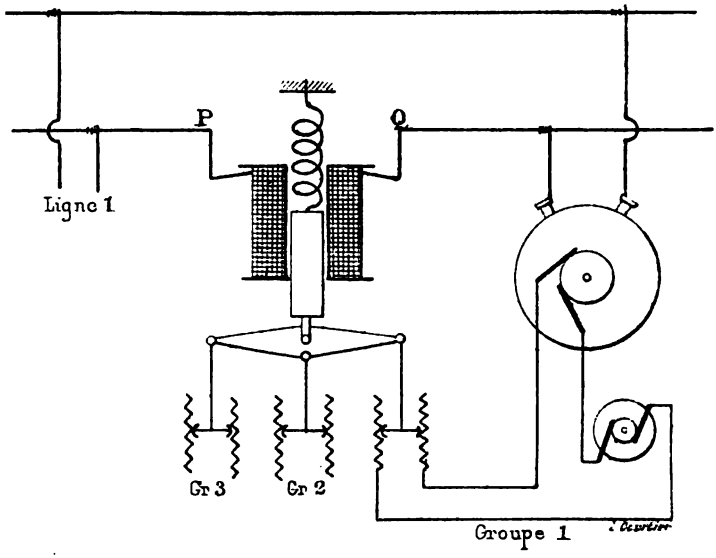
breux moyens d'agir sur cette valve, soit à la main directement, soit indirectement par le courant du moteur M, afin d'arriver à l'exacte vitesse nécessaire au moment du couplage.

Il est inutile d'insister plus longuement sur ce point.

Constance de U. — Maintenant que le partage exact de la charge entre les groupes est bien assuré, il faut encore rechercher si la loi de régulation électrique : U = constante, réalisée, comme on l'a vu, pour un groupe unique, subsiste pour plusieurs groupes couplés.

On reconnaît immédiatement que, si l'on s'en tient aux dispositions décrites, le réglage ne subsiste pas. Il en est ainsi, que ce

Fig. 16



réglage se fasse soit par double enroulement du moteur M, soit par manœuvre automatique du rhéostat d'excitation, moyens indiqués comme appropriés à la conservation de la vitesse angulaire Ω à une valeur constante.

C'est qu'en effet un même groupe débitant le courant I, soit seul, soit couplé, ne doit pas développer la même force électromotrice dans l'un et l'autre cas. Le second, en effet, comporte une perte de charge en ligne double de celle du premier: la position du rhéostat ou la vitesse du moteur M doivent donc différer. Ce n'est donc plus au *courant propre* de chaque groupe qu'il faut emprunter le moyen de réglage, mais bien au *courant*

total. Les rhéostats devront alors être détachés des leviers AB, et être tous rendus solidaires d'un solénoïde unique parcouru par le courant total *(fig. 16)*, avant sa division entre les différentes lignes de transport. Si l'on emploie un enroulement de compensation sur le moteur M, c'est encore entre les points P et Q qu'il devra être branché, et tous les enroulements analogues devront être mis en série.

Au lieu d'un solénoïde unique, on peut en conserver autant qu'il y a de rhéostats, en les prenant en dérivation entre les points P et Q, mais à la condition de les laisser toujours en circuit, que le groupe correspondant à chacun d'eux soit ou non en service. Dans ce cas, on pourra conserver la disposition indiquée pour le groupe unique. Le cas de réglage par enroulement compensateur sur le moteur M donne lieu à la même remarque.

La régulation est donc ainsi encore parfaitement assurée, dans toutes les circonstances de l'exploitation.

Action des variations de l'effort moteur sur l'arbre. — Les oscillations qui ont pour origine le modérateur de vitesse sont toujours à longue période ; leur durée s'étend à celle de plusieurs tours de l'arbre principal. Celles qui sont dues aux variations du couple moteur ont, au contraire, une période au plus égale à la durée d'une révolution complète de l'arbre ; car, après un tour complet de l'arbre, toutes les conditions se retrouvent identiques à ce qu'elles étaient au commencement. Il existe, d'ailleurs, des perturbations de durée plus réduite, superposées les unes aux autres, ainsi que nous le rappellerons plus loin, en signalant seulement leur origine.

L'intérêt qui s'attache à l'étude de ces perturbations périodiques provient de leurs effets possibles de *résonance.* Ces effets ne peuvent se manifester qu'entre systèmes pendulaires ; c'est le cas des groupes électrogènes couplés, ainsi que nous l'avons indiqué plus haut, en signalant l'équivalence de la liaison électrique à une liaison élastique.

Les phénomènes de résonance étant, en général, peu familiers aux mécaniciens, on me permettra de les préciser ici sous une forme imagée, en rappelant seulement une ancienne et fort jolie expérience.

On construit deux pendules aussi identiques que possible, et on les règle de manière qu'ils aient exactement la même durée d'oscillation. Tous deux sont alors suspendus *au même*

support, qu'on peut choisir très rigide, et l'un d'eux seulement est mis en oscillation. Au bout d'un temps variable, le second s'est mis de lui-même en oscillation et si le premier ne s'arrêta pas, on voit l'amplitude du second aller peu à peu en augmentant, et finir par égaler celle du premier.

L'origine du mouvement du second pendule est à rechercher simplement dans les efforts infimes transmis du premier par la vibration du support commun ; le mouvement infiniment petit de celui-ci a suffi pour déplacer périodiquement le point d'attache du second, et commencer à le mettre en mouvement. Mais le fait important, qui permet l'amplification du mouvement, est que le pendule est réglé, accordé, de manière que sa période propre d'oscillation soit la même que celle des impulsions reçues. Grâce à cet accord, chacune de ces impulsions trouve le mobile dans la position favorable pour que son effet se superpose à celui des précédentes.

Il y a *résonance* entre la période du pendule et celle des impulsions extérieures. On comprend sans peine que la transmission du mouvement de l'un à l'autre sera d'autant plus difficile que la résonance sera moins parfaite.

De même, si le second pendule se meut dans un milieu résistant, il pourra arriver que la résistance de ce milieu soit telle qu'elle absorbe en chaleur toute l'énergie communiquée au mobile par le support. Le mouvement sera alors fortement amorti, et l'amplitude cessera de croître à partir d'une valeur très faible déterminée.

Ceci exposé, revenons aux groupes électrogènes couplés. Si nous faisons abstraction de la vitesse moyenne uniforme, comme précédemment, il ne subsiste que les variations qui peuvent se produire autour d'elle. Nous avons vu que le couplage en parallèle équivalait à l'introduction d'une liaison élastique entre les groupes couplés. Chacun d'eux est donc assimilable très exactement à un balancier de montre, par exemple, relié à son ressort spiral. Un tel ensemble n'est qu'une forme spéciale de pendule et possède une période d'oscillation propre de valeur bien définie. Cette durée est, d'après la formule de Coulomb :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{K}{C}} \quad (1),$$

(1) T est ici la durée d'une période complète, c'est-à-dire d'un aller et retour du pendule ; en d'autres termes, la durée écoulée entre deux passages au même point avec des vitesses de même sens.

K étant le moment d'inertie du système, et C le couple élastique pour l'unité d'angle. Cette valeur est immédiatement applicable à l'étude de l'allure d'une dynamo commandée par l'intermédiaire d'un joint Raffard, par exemple.

La liaison électrique donne lieu aussi à un couple C_e analogue au couple élastique du ressort. La valeur de ce couple dépend, bien entendu, des constantes de construction de la dynamo. M. Boucherot a donné depuis longtemps sa valeur et celle de la durée d'oscillation qui est :

$$T = \frac{2\pi}{p}\sqrt{\frac{2\pi f \,.\, K}{pU \,.\, I_{cc}}},$$

où p est le nombre de champs (paires de pôles, de la dynamo ;

f la fréquence, nombre de périodes par seconde, du courant alternatif ;

U la tension aux barres ;

I_{cc} le courant de court-circuit qui prendrait naissance dans l'alternateur sous l'excitation actuelle.

Ceci exposé, lorsque le moteur du groupe électrogène est une machine à mouvement alternatif, le couple moteur transmis à l'arbre n'est jamais rigoureusement uniforme. Les principales causes d'irrégularité sont : la variation dans la pression du fluide moteur avec la course, comme l'indiquent les diagrammes d'indicateur ; les forces variables d'inertie des pièces en mouvement alternatif ; l'effet de l'obliquité de la bielle ; le nombre des cylindres, etc. De quelque manière que l'on cherche à équilibrer ces forces, en agissant au moyen d'inerties additionnelles (contrepoids), par exemple, on n'arrive pas à les supprimer ; mais on peut altérer l'importance relative de certaines d'entre elles.

La période de ces irrégularités est différente pour chacune d'elles ; mais, si l'on imagine que l'une quelconque coïncide avec la période d'oscillation propre de la dynamo couplée élastiquement, on comprend que, comme dans l'expérience des deux pendules rappelée ci-dessus, l'amplitude puisse aller en croissant, et le lien élastique se tendre au point de dépasser sa limite d'élasticité et, finalement, d'arriver à la rupture. C'est là ce qu'il importe absolument d'éviter.

Une étude théorique et expérimentale très approfondie de cette question a été faite sous l'inspiration du Comité de la

Société des Électriciens par quelques-uns de ses membres (1), et particulièrement par M. Boucherot.

Un grand nombre de relevés faits sur des machines de diverses provenances a permis d'analyser l'importance des termes perturbateurs de chaque périodicité, importance chiffrée par la valeur du coefficient du terme correspondant de la série de Fourier. Il faut recourir au mémoire original de M. Boucherot pour le détail de ces valeurs; mais on peut donner ici les conclusions principales de l'étude.

Les perturbations sont particulièrement accentuées dans les moteurs à faible vitesse angulaire et monocylindriques. Elles sont de deux ordres, savoir : celles d'ordre impair, qui ont pour période celle même de la rotation ou un multiple impair de cette durée, et qui sont particulièrement dues à l'obliquité de la bielle; celles d'ordre pair, ayant pour période celle des coups de piston, et un multiple pair de celle-ci, et qui sont dues tant à l'effort variable du fluide moteur qu'à l'inertie des pièces en mouvement alternatif. Sauf le cas où le moteur est polycylindrique, ce sont surtout les deux premiers termes qui prennent de l'importance : celui dont la fréquence est celle de la rotation et celui dont la fréquence, double de la précédente, est celle des coups de piston.

Il importe grandement à l'électricien que ces perturbations ne puissent pas amener le décrochage; et il doit rechercher les moyens d'y parvenir, par sa collaboration avec le mécanicien.

Le premier point résultera avec évidence du rappel de l'expérience des deux pendules; il consiste à faire en sorte que la période propre d'oscillation du système pendulaire soit très nettement différente de celle des perturbations.

La valeur de la période T est donnée ci-dessus; celles des principales perturbations T_1 et T_2 résultent immédiatement de la connaissance de la vitesse de rotation Ω, en tours par minute N par exemple, du moteur; ce seront :

$$T_1 = \frac{60}{N} \text{ et } T_2 = \frac{1}{2} T_1.$$

L'électricien et le mécanicien doivent donc disposer du moment d'inertie global, K, de la dynamo et du volant additionnel qui peut être nécessaire, de manière à satisfaire à l'inégalité des périodes. Le premier dispose seul d'un terme I_{cc}, courant de

(1) *Bulletin de la Société des Électriciens*, 1901, p. 529.

court-circuit, qui résulte des conditions de la construction électrique; mais la valeur en doit être déterminée par les qualités qu'il veut donner à la dynamo d'après la nature de son application; et, une fois ainsi fixée, il ne doit plus la modifier. Le moment d'inertie est donc le seul facteur à faire varier à ce point de vue.

Le mécanicien peut encore réduire beaucoup l'importance du second terme par divers artifices, parmi lesquels le plus connu est l'équilibrage partiel des effets de l'impulsion du fluide moteur par ceux de l'inertie des pièces sur lesquelles elle s'exerce. Je citerai encore, dans cet ordre d'idées, l'emploi des ressorts d'air dont il a été fait usage sur certaines machines à grande vitesse du type Willans.

Après avoir ainsi réduit, dans la mesure du possible, les causes des perturbations, et fait en sorte qu'elles ne puissent pas se traduire par un accroissement constant de l'angle d'écart θ, l'électricien peut encore, de son côté, chercher à assurer l'amortissement des oscillations subsistantes. C'est ce qu'a fait M. Maurice Leblanc, par l'invention de ses *circuits amortisseurs*, circuits spéciaux de la construction électrique, dont l'effet est de transformer en chaleur tous les courants induits par les perturbations de la vitesse angulaire, tout en restant sans action sur ceux dus à la vitesse moyenne. C'est aussi ce qui se trouve partiellement réalisé, et par le même mécanisme, en employant des épanouissements polaires massifs (non feuilletés) sur la dynamo. Pourvu que la dégradation d'énergie ainsi assurée soit suffisante, on peut être certain que l'amplitude des oscillations restera dans des limites où elle ne constituera pas un danger pour le fonctionnement régulier du groupe électrogène.

Je ne m'étendrai pas plus longuement sur cet ordre de phénomènes, qui justifierait à lui seul une communication spéciale. Les moyens employés pour les amoindrir, et les amortir, sont en dehors des procédés de régulation; et je ne les ai signalés ici sommairement que comme un complément de l'étude de celle-ci.

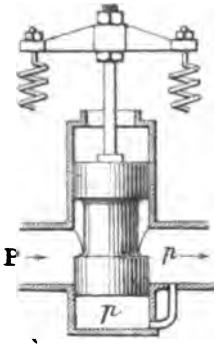
Détendeur. — Tout l'exposé qui précède suppose implicitement que la pression du fluide moteur est constante aux orifices d'admission. C'est une hypothèse suffisamment approchée dans le cas des moteurs hydrauliques, où les variations ne dépendent guère que de celles de la perte de charge dans la conduite d'amenée;

mais il peut n'en être pas de même pour des moteurs à vapeur, surtout alimentés par la vapeur de chaudières à petit volume d'eau. Dans ce cas, le réglage de la pression est confié à un organe spécial, le *détendeur*, dont il est utile de dire quelques mots.

L'admission dans cet organe est constante, tandis que l'admission dans le cylindre est périodique; aussi n'est-il pas rare de voir se produire un mouvement du détendeur synchrone avec celui des coups de piston, et ce fait se produit surtout lorsque la tuyauterie entre détendeur et cylindre n'offre qu'un volume insuffisant comparé à celui du volume de vapeur admis à chaque cylindrée.

Or, la partie mobile du détendeur est toujours un piston relié à un joug auquel sont attelés des ressorts qui équilibrent la pression d'aval (*fig. 17*). Un tel assemblage est essentiellement un système pendulaire, doué d'une période d'oscillation propre. Que la durée de cette oscillation coincïde avec celle des admissions du moteur, on verra le détendeur prendre un mouvement oscillatoire d'amplitude excessive, et tout à fait propre à troubler profondément la marche. Avec un synchronisme seulement approché, on aura déjà des inconvénients qu'il importe d'éviter.

Fig. 17



A cet effet, il faut d'abord chercher à s'éloigner du synchronisme en établissant convenablement le détendeur. La durée périodique des introductions au moteur est parfaitement connue; soit T_1 sa valeur.

Celle T_2 de la période propre du détendeur a pour valeur :

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{M}{K}},$$

où M est la masse de la partie mobile, et K la raideur du ressort, c'est-à-dire le quotient de la force par l'allongement correspondant. Elle est donc facile à calculer et on peut choisir les données de construction de manière à éviter la résonance (1).

(1) Soit un déteneur aux dimensions suivantes :

Limites de pression d'aval 7,5 et 8,0 *kg* par centimètre carré.
Section du piston . . . . . 50 *cm*².
Course du piston. . . . . 2,5 *cm*.

Le ressort doit avoir une tension initiale telle qu'il immobilise le piston à fond de

On pourra, en outre, amortir les oscillations accidentelles que peut provoquer la distribution par l'emploi d'un dash-pot approprié comme on le fait pour les modérateurs de vitesse; mais cette précaution sera rarement nécessaire.

Je ne crois pas que les constructeurs mécaniciens aient pensé jusqu'ici à étudier en détail ce côté de la question des détendeurs; mais, dans le mode de régulation que j'ai indiqué, elle méritait qu'on s'y arrêtât un instant.

L'étude du fonctionnement d'un système oscillant de ce genre, à période parfaitement déterminée, conduit à une conséquence intéressante. Supposons que le mouvement périodique en soit entretenu volontairement, par l'ouverture d'un échappement à fin de course; on réalisera ainsi un pendule dont la durée d'oscillation sera rigoureusement constante, et fixée par construction. Il serait, je crois, très facile d'utiliser cet appareil comme un véritable *régulateur* de vitesse, imposant à un moteur sa propre période, et lui assurant une allure rigoureusement isochrone à toutes charges.

Il y a là matière à une étude intéressante, et, je crois, nouvelle. Mais elle sortirait un peu du cadre que je me suis imposé dans le présent travail. J'espère qu'elle pourra tenter quelque mécanicien désireux de sortir des sentiers battus, et de s'affranchir de la pratique séculaire du pendule de Watt et de ses dérivés.

Conclusions.

J'espère avoir montré, dans cette courte étude, que le groupe électrogène constitue une véritable entité qui mérite d'être étudiée d'ensemble et que la réalisation du groupe homogène, autorégulateur, approprié à toutes les exigences de l'exploitation

course jusqu'à ce que $p = 7{,}5$ *kg* par centimètre carré. Son élasticité doit être telle que pour une variation de 0,5 *kg* par centimètre carré, il s'allonge de 2,5 cm^2. Le supplément d'effort correspondant étant de 25 *kg*, la raideur K sera :

$$K = \frac{25}{2{,}5} = 10 \text{ } kg \text{ par centimètre carré.}$$

Soit 15 *kg* le poids de la partie mobile, y compris le tiers du poids des ressorts; on aura (unités : seconde, kilogramme, centimètre) :

$$T = 6{,}28 \sqrt{\frac{15}{981 \times 10}} = 0{,}243 \text{ seconde.}$$

Il y aurait résonance avec un moteur à double effet faisant un demi-tour en 0,243 seconde, soit 123 tours par minute; ou avec un moteur à simple effet de vitesse double.

exige la collaboration intime de l'électricien et du mécanicien. L'état de choses actuel est une simple juxtaposition de deux organes conçus isolément. Les défauts et les véritables contresens de réglage qui découlent de cette dualité ne sont plus acceptables, et doivent être corrigés par une meilleure appropriation de l'organe à sa fonction.

C'est ce que je me suis efforcé d'établir ici, en indiquant l'une des solutions possibles du problème de la régulation complète.

ANNEXE

La régulation du mouvement des moteurs peut être obtenue par différentes méthodes. C'est presque exclusivement aujourd'hui celle du pendule de Watt qui est appliquée sous des formes variées. Le pendule conique fonctionne comme un *tachymètre*, utilisant les variations mêmes de la vitesse angulaire qu'on se propose de régler. Ce mode de régulation peut se qualifier de tachymétrique; et c'est à cette classe d'appareils qu'appartiennent également les régulateurs à cataracte, hydraulique ou pneumatique (Larivière).

Mais d'autres principes peuvent être appliqués au même but, avec des mécanismes de réalisation tout différents. C'est le cas du principe du *dynamomètre*. C'est à Poncelet que revient l'honneur de la régulation *dynamométrique* dont il a indiqué un schéma de réalisation sous le nom de Régulateur à ressort (1). Elle utilise l'action des variations, non de la vitesse, mais bien du couple résistant, sur les organes de distribution.

C'est à cette catégorie d'appareils que se rattachent ceux que j'ai décrits ci-dessus, et dans lesquels les admirables facilités de mesure des quantités électriques sont mises à profit précisément pour la détermination du couple résistant moyen, et finalement, pour la régulation du groupe électrogène.

Enfin, on peut encore employer des dispositions *chronométriques*. Dans celles-ci, la durée de la révolution du moteur est comparée à celle d'un appareil, tel qu'un pendule, qui possède une période propre bien déterminée. L'écart entre les durées est utilisé pour la régulation. En ces dernières années, on a pu voir nombre de petits moteurs à gaz ainsi réglés par des pen-

(1) H. Sonnet. *Dictionnaire des Mathématiques appliquées* : art. Régulateur à ressort.

dules obéissant soit à la gravité, soit à la force élastique d'un ressort. J'ai moi-même indiqué ci-dessus la possibilité d'employer une disposition de ce genre, dérivée du détendeur de vapeur. Ces dispositions semblent devoir être d'une réalisation assez facile.

Jusqu'à ce jour, les procédés tachymétriques ont été seuls en faveur; mais leurs inconvénients de principe, reconnus depuis longtemps, ont suscité divers travaux tendant à leur perfectionnement. En fait, ils ont pu être améliorés au point de permettre le fonctionnement actuel des groupes électrogènes; fonctionnement qui n'est certes, par parfait, mais qui, somme toute, est possible, moyennant une attention soutenue, et grâce à l'abnégation complète que l'électricien a faite de tout réglage automatique de la tension.

Peut-être n'est-il pas inutile de rappeler ici sommairement ces divers perfectionnements du régulateur tachymétrique, et d'indiquer ensuite les essais antérieurs de régulation faisant intervenir comme accessoire ou comme principale l'action électrique.

Dispositifs purement mécaniques, complétant l'action du pendule de Watt.

Rappelons d'abord les difficultés qu'on rencontre dans l'application du modérateur ordinaire.

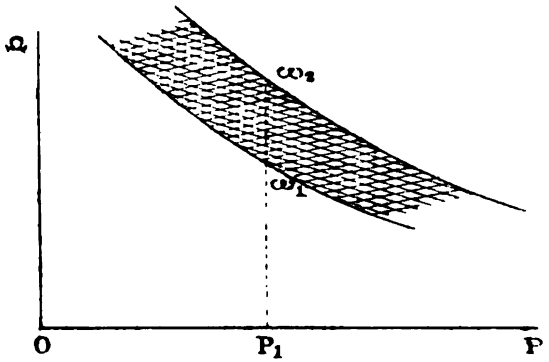
La stabilité du réglage exige impérieusement une chute de la vitesse Ω en fonction de la puissance croissante P que produit le moteur. La différence entre les vitesses extrêmes, à vide et à pleine charge, ou plus exactement le rapport de cette différence à la vitesse en charge $\frac{\Omega_0 - \Omega_1}{\Omega_1}$ a reçu le nom d'*écart de réglage*. C'est une caractéristique de chaque mécanisme particulier.

En raison des frottements et autres résistances passives, la courbe figurative $\Omega = f(P)$ présente une branche déterminée lorsqu'on fait augmenter P, et une autre branche parallèle à la première lorsqu'on fait diminuer P. Entre ces deux branches est une plage d'indifférence; et le modérateur n'entrera pas en action tant que les variations de O et de P seront comprises dans cette région *(fig. 18)*.

Cette plage définit la stabilité du régulateur. Elle est nécessaire, ne serait-ce que pour éviter la mise en jeu du régulateur

pour les variations de vitesse que laisse subsister le volant, dans un moteur à piston, volant dont la masse ne peut être indéfiniment augmentée (1). La différence $\omega_2 - \omega_1$ pour une puissance

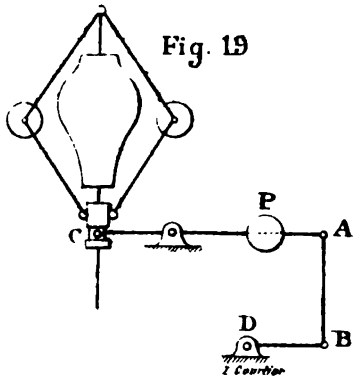
Fig 18



donnée P_1 doit donc être plus grande que l'écart $\omega'' - \omega'$ entre les vitesses angulaires extrêmes pendant la durée d'un tour de volant. La mise en parallèle de plusieurs moteurs sur les mêmes récepteurs impose — surtout en cas de liaison élastique — une exagération de l'écart de vitesse; faute de quoi le partage des charges deviendrait incertain et la marche instable.

D'autre part, on a presque toujours intérêt à se rapprocher le plus possible d'une vitesse moyenne déterminée; en d'autres termes l'écart de vitesse est généralement préjudiciable à l'exploitation. Il y a donc là deux conditions contradictoires; et le problème reste insoluble tant qu'on s'en tient aux régulateurs dérivés de la forme initiale simple du pendule conique de Watt.

Fig. 19



Il faut donc, pour obtenir de meilleurs résultats, compléter ce mécanisme simple par une disposition cinématique appropriée.

Le schéma général d'un régulateur simple est le suivant (fig. *19*). Le tachymètre commande un levier CA, portant une masse mo-

(1) Blondel. *Lum. Électrique*, 1892, t. XLVI, p. 365.

bile à volonté, P. Une bielle AB relie ce levier à la tige BD de manœuvre de la distribution, laquelle agit indifféremment, soit sur la pression, soit sur la détente. C'est en altérant ce mécanisme dans l'une de ses parties qu'on peut arriver au résultat cherché.

Compensateur Denis. — Cet appareil, auquel la maison Weyher et Richemond a donné un développement considérable, et que d'autres constructeurs commencent à appliquer, est trop connu pour qu'il soit utile d'en donner ici une description; mais il mérite d'être signalé en première ligne. On rappellera seulement qu'un mécanisme accessoire, agissant lentement, a pour objet de déplacer le point B sur la bielle AB, c'est-à-dire, en principe, de varier la longueur de cette bielle, à la suite de chaque déplacement du levier CA, véritable aiguille du tachymètre. Cette variation de longueur de AB permet ainsi à la distribution BD d'occuper une infinité de positions, toutes compatibles avec une position donnée du point A, c'est-à-dire avec une même vitesse. Le modérateur peut donc être réglé pour un grand écart de vitesse; après chaque variation, il reviendra lentement à la vitesse de régime.

Régulateur Knowles. — Cet appareil est plus connu sous le nom des constructeurs Hick, Hargreaves and C°, qui en ont fait application, notamment sur les moteurs à vapeur auxquels furent attelés les premiers grands alternateurs Ferranti. Le moyen de réglage est, comme dans le compensateur Denis, une variation de longueur de la bielle AB. Celle-ci, coupée en son milieu, a ses deux parties filetées à l'inverse, et engagées dans un long écrou double. Ce dernier est le moyeu même d'une petite poulie. Un second tachymètre, de dimensions réduites, sert d'isochroniseur. Dès qu'il s'écarte de sa vitesse de régime, il entraine par friction un arbre, dont le mouvement est transmis à la poulie dont le moyeu forme écrou double. Il ne cesse de l'entraîner que lorsqu'il est revenu au régime.

C'est, de toute évidence, une disposition exactement équivalente à celle du compensateur Denis, qui semble d'ailleurs bien antérieur.

Déplacement du contrepoids. — En modifiant soit la masse soit la position du contrepoids P, on arriverait à un résultat sensiblement équivalent. C'est, en effet, par le déplacement de ce con-

trepoids, fait à la main, que l'on obtient, dans un grand nombre d'usines, les variations nécessaires, notamment au moment du couplage. Quelquefois, sur de puissantes unités, on effectue le déplacement au moyen d'un moteur électrique; et la commande peut alors s'en faire à distance, par les soins de l'électricien chargé des manœuvres de régulation. Je ne connais pas d'exemple de manœuvre mécanique automatique du contrepoids, malgré que des mécanismes analogues à ceux du compensateur Denis ou du régulateur Knowles lui soient évidemment applicables sans difficulté.

Dispositifs électromagnétiques et électriques.

Disposition électromagnétique de M. Menges. — C'est par une action électrique que M. Menges a obtenu un variation virtuelle de la masse du contrepoids. Il fit de celui-ci le noyau de fer doux d'un solénoïde fixe, parcouru par le courant principal. Ce noyau, subissant ainsi une attraction variable avec le courant, agit bien comme si sa masse subissait la variation.

Le modérateur conserve ainsi ses propriétés régulatrices à tout moment; mais les conditions d'équilibre sont différentes pour chaque valeur de la puissance, ou mieux, du couple. On peut ainsi combiner les choses de manière à s'affranchir du contresens de réglage imposé par le modérateur ordinaire.

La simplicité de cette disposition lui a valu et lui vaut encore un certain nombre d'applications dans des cas particulièrement favorables.

Dispositions purement électriques. — Régulation Willans. — Les électriciens ont cherché de bonne heure à confier à l'électricité le réglage de l'allure de leurs moteurs. Je ne signalerai ici que les plus importantes des tentatives faites dans ce sens. Dès 1886, W. Willans imagina de commander la tige de l'organe d'introduction par un solénoïde relié en dérivation aux bornes de la dynamo, de façon que tout affaiblissement de la force électromotrice entraînât une augmentation de l'admission, et inversement.

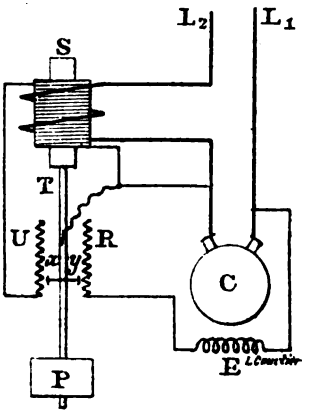
Mais cette disposition n'est pas isochronisatrice; elle laisse subsister la nécessité de l'écart de réglage, c'est-à-dire de la chute de vitesse avec l'augmentation de la charge. Il est remarquable que le dispositif Willans comportait aussi un solénoïde intercalé dans le circuit principal, et relié mécaniquement au solénoïde

en dérivation. Mais son action était normalement paralysée par une butée, et ce n'est que lorsque le courant dépassait les limites admissibles que ce solénoïde entrait en action pour *fermer* l'admission. Ce solénoïde est ainsi réduit au rôle de simple organe de sécurité, ne participant en aucune manière à la régulation. Il n'y a aucune comparaison entre cette fonction et celle que reçoit le solénoïde analogue dans mon dispositif de la figure 1.

Je laisserai de côté un certain nombre d'autres tentatives, moins heureuses, et qui n'ont laissé aucune trace, pour arriver à une disposition toute récente, due à M. Routin. Comme elle forme le progrès le plus récent dans cet ordre de recherches, je le décrirai avec quelque détail, et j'en analyserai d'un peu près le fonctionnement.

Disposition de M. Routin (1). — Dans la figure 20, C représente la dynamo, L_1L_2 les conducteurs d'utilisation, E le circuit d'excitation. Le rhéostat R agit sur ce circuit lors du déplacement de la tige T qui porte le contact mobile y. Ce sont là les organes généraux de l'exploitation. Voici maintenant les organes de régulation.

Fig. 20



Un solénoïde S, qui contient un noyau de fer solidaire de la tige T de manœuvre de la distribution du fluide moteur, porte un bobinage de fil fin, branché en dérivation aux bornes de la machine avec interposition du rhéostat U, dont la touche x est également manœuvrée par la tige de manœuvre T. Un second bobinage intercalé en série dans le conducteur L_2 entoure le premier. Le sens des courants est établi de telle sorte que l'action du second soit opposée à celle du premier; mais les proportions sont telles que cette dernière reste toujours prépondérante. Le solénoïde attire le noyau relié à la tige T avec une force que nous supposerons indépendante de la position du noyau et constante. La force antagoniste est celle de la pesanteur agissant sur la masse P.

(1) *Société Internationale des Électriciens*, 1902, n° 18. *Éclairage électrique*, 1902, 9 et 16 août.

La tige T commande l'admission; un abaissement de la tige correspond à une augmentation de l'introduction et inversement.

Voici le fonctionnement de ce mécanisme :

Supposons un équilibre établi. Il y a égalité entre l'action du poids P tendant à ouvrir, et l'attraction du solénoïde, tendant à fermer. En outre, le régime uniforme est établi par l'égalité des couples moteur et résistant sur la machine C. A un moment donné, la mise en circuit de nouveaux récepteurs provoque un accroissement dans le courant débité. Le circuit série du solénoïde a son action renforcée; l'équilibre est rompu et le circuit en dérivation n'est plus assez puissant pour maintenir le noyau à sa hauteur primitive. Entraîné par P, celui-ci va descendre, mais, en même temps, la tige T va effectuer les diverses manœuvres qui dépendent de son mouvement.

D'abord, elle va ouvrir l'admission, ce qui augmentera le couple moteur, devenu insuffisant. En outre, elle entraîne le contact x du rhéostat U dans un sens tel qu'il retire de la résistance, et, par suite, renforce progressivement l'action du solénoïde S. Le mouvement s'arrêtera donc lorsque l'affaiblissement d'action de ce dernier dû à l'accroissement du courant principal sera compensé par le renforcement que la manœuvre de U apporte dans le courant dérivé. Au moment de l'arrêt, il faudra que l'ouverture d'admission du fluide moteur soit exactement celle qui convient à l'équilibre des efforts moteur et résistant. Or, on est maître de satisfaire à cette condition par la répartition convenable de la résistance totale du rhéostat U entre les différentes touches, régulièrement espacées, sur lesquelles frotte le contact x.

M. Routin utilise en même temps le mouvement de la tige T pour agir sur le rhéostat d'excitation R, et régler ainsi la tension suivant une loi qui ne dépend encore que de la subdivision du rhéostat en fonction du déplacement de sa touche de contact y.

L'allure ainsi réalisée est stable, comme il est facile de le vérifier. De plus, le réglage de la vitesse n'a eu à intervenir à aucun instant, de sorte que le fonctionnement peut être assuré sans avoir à la modifier en quoi que ce soit. Ce point est particulièrement intéressant pour la commande des alternateurs, dont les applications nécessitent une fréquence et, par suite, une vitesse aussi constantes que possible. Si la répartition du rhéostat n'est pas absolument parfaite, alors seulement une faible

variation de la vitesse intervient automatiquement pour rétablir l'équilibre.

En analysant avec soin le fonctionnement de ce dispositif, on reconnaît facilement, ce qui n'a, d'ailleurs, pas échappé à M. Routin, que : 1° dans le cas de production de courant continu ou alternatif non décalé, le mécanisme est surabondant : le rhéostat U peut être supprimé sans inconvénient; 2° que, si l'on doit produire du courant alternatif notablement décalé, c'est-à-dire si l'utilisation comporte un circuit plus ou moins inductif, il est insuffisant et nécessite un complément de réglage à la main.

La surabondance, pour le courant continu, est facile à reconnaître. La force F qu'exerce le solénoïde, et qu'équilibre le poids, est, à une constante près, égale à la somme algébrique des ampère-tours à tout moment.

Soit ni_0 leur valeur à vide. Avec un débit I, elle sera : $ni - \mathrm{NI}$. N et n sont les nombres de tours de fil respectifs.

On a à tout moment :

$$ni_0 = ni - \mathrm{NI} \qquad [1]$$

D'autre part, le réglage doit assurer une tension constante U dont la valeur est :

$$\mathrm{U} = e - \mathrm{RI} \qquad [2]$$

e étant la tension aux bornes et R la résistance des conducteurs jusqu'au point où doit être assurée la constance de la tension. Appelons r la résistance du fil de dérivation du solénoïde seul, sans intervention du rhéostat U, et multiplions par r tous les termes de l'équation [1], il vient :

$$nri_0 = nri - \mathrm{N}r\mathrm{I}$$

$$ri_0 = ri - \frac{\mathrm{N}}{n} r\mathrm{I}.$$

Or, ri n'est autre chose que e, et ri_0 valeur de e pour $\mathrm{I} = o$ est lui-même U. On a ainsi :

$$\mathrm{U} = e - \frac{\mathrm{N}}{n} \mathrm{rI} \qquad [3]$$

Il suffit donc de réaliser entre les paramètres de construction la relation :

$$\frac{\mathrm{N}}{n} r = \mathrm{R} \qquad \text{ou} \qquad \frac{\mathrm{N}}{n} = \frac{\mathrm{R}}{r},$$

pour que l'équation [2] soit satisfaite automatiquement. Le rhéostat U est donc, dans ce cas, inutile, l'action de R suffisant à tout.

Mais si le groupe produit du courant alternatif, les équations perdent leur simplicité; il faut y tenir compte du *décalage*, différence de phase entre la tension et le courant, qu'introduisent les appareils récepteurs. L'intensité du courant d'excitation ne doit plus varier seulement avec I, mais aussi avec ce décalage.

Dans son dispositif de réalisation, M. Routin a dû, pour en tenir compte, modifier la variation d'excitation réglée par le rhéostat R. Il a conservé, par la disposition cinématique des organes, la proportionnalité entre le déplacement du contact *y* et celui de la tige T; mais il s'est réservé le moyen de faire varier, *à la main*, le taux de proportionnalité. Chaque variation du décalage exige donc une intervention du personnel surveillant; et, comme il n'existe pas encore d'instrument suffisamment simple pour indiquer, d'une manière continue, le décalage, cette intervention doit rester un peu incertaine.

Cette solution de la régulation, bien que réalisant un véritable progrès sur l'état de choses antérieur, reste donc incomplète sous le rapport de l'observation des conditions de réglage électrique automatique.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. Ch. COTARD

PAR

A. BRÜLL

Le père de Charles Cotard était imprimeur à Issoudun et propriétaire du grand domaine de Gouers, situé à une dizaine de kilomètres de cette ville. Charles Cotard, est né à Issoudun, le 23 juin 1835.

Élève de l'École polytechnique, de 1854 à 1856, il entra aussitôt à la maison Gouin, cette école excellente où se sont formés tant de jeunes Ingénieurs qui ont acquis plus tard une grande réputation.

Il passa sept années au service de cette maison.

Occupé d'abord au bureau des études, à Paris, il fut après peu de mois attaché aux chantiers d'un pont en construction sur la Saône, à Mâcon. Ce début dans la carrière d'Ingénieur était intéressant, car les fondations de cet ouvrage furent faites à l'air comprimé par des procédés encore nouveaux en France.

Cotard dirigea ensuite la construction du pont de Culoz et celle de plusieurs ponts en Italie. Il fut chargé, ensuite, de construire divers grands ponts en Russie, notamment un pont-route sur la Vistule, le premier pont fixe établi à Varsovie. Puis il édifia des ponts importants sur le chemin de fer de Pétersbourg à Varsovie. Il resta en Pologne jusqu'en 1863.

A cette époque, nos Collègues MM. Borel et Lavalley venaient de constituer la Société d'entreprise générale pour le creusement du Canal de Suez. Cotard, qui avait débuté sous la direction de M. Lavalley, Ingénieur en chef de la maison Gouin, le suivit en Égypte. Attaché à cette Société en qualité d'Ingénieur, il collabora à cette grande entreprise jusqu'à l'ouverture du Canal à la navigation.

Un peu plus tard, il fit partie d'une Société de travaux, en association avec nos Collègues, MM. Lavalley, Champouillon et

autres, pour la recherche et l'exécution de travaux publics en divers pays d'Europe.

C'est au cours de l'année qui suivit l'achèvement du Canal de Suez que Cotard fut reçu membre de notre Société. A partir de ce moment, notre regretté Collègue prit souvent la parole, dans nos séances, soit pour nous présenter le fruit de ses études, soit dans les discussions ouvertes sur divers sujets. Beaucoup d'entre nous ont gardé le souvenir de la remarquable lucidité de son esprit, de la clarté persuasive de sa parole. Il présentait ses idées avec conviction, les défendait avec ardeur. On aimait sa franchise et l'originalité de ses conceptions. C'était un Ingénieur de grand mérite, s'attachant de préférence aux questions d'intérêt national et aux grands problèmes d'une portée universelle. Il fut élu, en 1880, membre du Comité où il siégea pendant plusieurs années.

Depuis 1882, Cotard faisait partie des Conseils institués auprès du Ministère de l'Agriculture. Dans ces derniers temps, il était membre du Conseil supérieur.

C'est qu'en effet, depuis 1875, notre Collègue s'était consacré à la défense des intérêts agricoles. Il a présenté à la Société de nombreuses communications sur l'aménagement des eaux et, entre autres, un magnifique exposé d'ensemble en novembre 1879.

Il recommandait toujours de donner plus d'homogénéité à notre réseau de navigation intérieure, de préférer le creusement des canaux qui nous manquent à la construction de chemins de fer improductifs. Il montrait, en même temps, l'utilité des canaux d'irrigation et faisait ressortir le puissant intérêt de leur création pour le développement de l'agriculture.

Il a exposé ces mêmes idées dans le *Génie Civil* (il était, depuis la création de cette revue, membre du Conseil supérieur de rédaction), dans la *Nouvelle Revue*, à la Société de Géographie. A la Société des Agriculteurs de France et dans divers congrès, sa compétence dans ces questions d'irrigation était reconnue. C'est ainsi qu'en 1890, il fut appelé par le directeur des biens de la couronne de Russie, pour examiner des travaux entrepris en vue d'une opération d'arrosage fort considérable dans le Turkestan.

Dans tous ses travaux touchant aux voies fluviales, Cotard a constamment déploré la division entre divers services de questions qui devraient être centralisées sous une même direction. Il

a montré que, presque toujours, un seul souci, celui de la navigation, a guidé les travaux entrepris. Il a mis aussi en lumière les inconvénients qu'il y avait à provoquer le rapide écoulement des eaux à la mer. Lui, au contraire, préconisait la plus longue retenue possible des eaux sur les hauteurs, afin de les distribuer en temps utile dans les vallées pour le plus grand bien de l'agriculture.

« La question de l'aménagement des eaux, écrivait-il en 1877, doit être envisagée aux divers points de vue : de l'irrigation, qui peut féconder les sols les plus stériles ; de la navigation, qui permet les transports à bas prix; des forces hydrauliques, si avantageuses pour l'industrie et, enfin, des inondations, dont les désastres affligent trop souvent des contrées entières. »

Il avait étudié en détail des projets d'irrigation pour les bassins de la Garonne et de l'Adour et pour les régions voisines du Rhône.

On peut supposer que les critiques fort justes répétées par Cotard sous les formes les plus variées, ont aidé à la création, au Ministère de l'Agriculture, d'une direction de l'hydraulique agricole.

Dans un mémoire magistral, intitulé *le Nil et l'Égypte*, et qui figure dans notre Bulletin de 1884, notre savant Collègue évaluait à 2 millions et demi d'hectares la surface cultivée de l'Égypte, alors que l'ancienne Égypte comprenait 20 millions d'hectares. Il montrait qu'on avait laissé le régime du grand fleuve se pervertir peu à peu et indiquait les travaux qu'il convenait d'entreprendre pour retenir à l'amont d'énormes réserves d'eau qui permettraient de fertiliser de très grandes étendues de terrain et de rendre au pays son ancienne prospérité. Les barrages récemment construits à Assouan et à Assiout vont, sans doute, consacrer le triomphe de ces idées.

Le rôle joué par notre Collègue dans le Congrès international interocéanique tenu à Paris en mai 1879, n'a pas été sans importance. Il fut nommé rapporteur de la première sous-commission technique dans laquelle figuraient nos regrettés collègues Couvreux et Lavalley. Un travail considérable fut fourni rapidement.

Dans les discussions, Cotard avait exposé qu'il était impossible d'établir un devis, même approximatif, pour la construction d'un canal à niveau entre Colon et Panama, particulièrement à cause de l'édification du grand barrage et de la dérivation du Chagres. Il a montré ensuite qu'on ne devait pas poser en principe le

canal à niveau qui entraînerait le choix du tracé de Colon à Panama :

« On ne s'était pas rendu compte tout d'abord, a-t-il ajouté, qu'un canal à niveau pût coûter 1 200 à 1 500 millions. Ce serait, dans ces conditions, prendre une bien grande responsabilité que d'appeler non seulement les grands capitaux, mais aussi la petite épargne, l'obole de tous, comme on a dit, pour concourir à une opération qui, avec de telles charges, peut devenir tout à fait improductive ».

Malgré l'opposition de notre Collègue et de quelques autres membres, le Congrès a voté le canal à niveau que voulait M. de Lesseps. On sait, malheureusement, ce qu'il est advenu de cette entreprise dans laquelle il a été englouti plus d'un milliard.

Dans notre séance du 20 juin 1879, à laquelle assistait M. de Lesseps, Cotard a renouvelé avec la plus grande énergie et la plus entière franchise, les critiques qu'il avait émises au Congrès. Il a insisté sur ce que des études définitives indispensables conduiraient peut-être à l'exécution du canal à niveau, mais plutôt, sans doute, à celle d'un canal avec écluses.

La même opinion a été aussi formulée par M. Lavalley.

Dans ces circonstances, Cotard n'a cédé à aucun entraînement et ses critiques n'ont été dictées que par le souci de la vérité. Un Ingénieur qui jouit de quelque autorité, rend un aussi important service au pays en combattant un projet qu'il juge mauvais qu'en appuyant un projet qu'il considère comme bon.

Dans une de nos séances de 1882, consacrée à l'examen du projet de Paris port de mer, Cotard présenta un travail assez développé qui démontrait les graves inconvénients de l'abaissement considérable qu'on proposait pour le plan d'eau de la Seine.

Dans la construction des chemins de fer, l'activité déployée par Cotard a aussi été très grande.

Après 1870, Cotard a dirigé d'importants travaux de chemins de fer dans divers pays, notamment en Turquie. Lors de sa mort, il était Directeur de la Société du chemin de fer de Smyrne à Cassaba.

L'idée de relier l'Inde à l'Europe par voie ferrée a été mise en avant par Cotard avant 1875, puis adoptée et soutenue par M. de Lesseps.

Deux missions ont été envoyées, l'une dans l'Inde, l'autre en Russie, pour l'étude d'un avant-projet. Cette dernière avait été confiée à notre Collègue.

La dépense prévue était de un milliard, mais la Compagnie universelle du chemin de fer central asiatique, qui avait été projetée, n'a pas été créée et l'idée a été abandonnée.

Une partie du trajet que devait suivre cette immense artère est actuellement desservie par le chemin de fer transcaspien.

Cotard avait, avec M. Sautereau, Ingénieur, présenté, en 1886, un projet de chemin de fer métropolitain pour Paris. Ce projet comportait un réseau stratégique, propriété de l'État, reliant toutes les grandes lignes entre elles à travers Paris; il comprenait également un réseau pour le service urbain, appartenant à la Ville et exploité par ses soins.

Comme on le voit, Cotard a été un initiateur génial en même temps qu'un infatigable travailleur; la mort est venue le frapper en pleine activité, le 12 novembre 1902, à l'âge de 67 ans, quelques jours seulement après son retour à Constantinople où il venait reprendre sa tâche interrompue durant un court séjour en France.

Aux dons brillants de l'esprit, notre estimé Collègue joignait les plus précieuses qualités du cœur : sa constante affabilité, son exquise bonté, la droiture de son caractère, la sûreté de son commerce, lui avaient donné des amis nombreux et dévoués qui déplorent tous l'irréparable perte que sa mort leur a causée.

On trouve le témoignage de la sympathie cordiale que Charles Cotard s'était acquise dans les comptes-rendus de ses funérailles, tant à Constantinople qu'à Issoudun.

A Constantinople, de nombreux représentants des autorités, des ambassades et consulats de France et ceux aussi de plusieurs ambassades et légations étrangères, la colonie française presque entière, assistaient à ses obsèques.

Le Directeur de la Banque ottomane, adressant à Cotard, au nom de tous, le dernier adieu, disait :

« Il laisse parmi nous le souvenir d'un homme de bien, d'un » homme de cœur, d'un caractère loyal et sans reproche. Tou- » jours et partout, il a servi avec passion la France dont il a été » un des meilleurs enfants. »

A Issoudun, au milieu d'une foule nombreuse, le Président de la Société vigneronne, rendant hommage aux qualités éminentes de son compatriote, rappelait, entre autre choses, que Cotard avait autrefois présidé la Société et que c'était auprès de lui, dans la vigne modèle qu'il avait créée dans sa propriété de Gouërs, qu'on allait chercher les enseignements, les exemples

et l'appui pendant la lutte contre le phylloxéra, que c'était lui aussi que ses concitoyens avaient mis à leur tête pendant l'année terrible et que son autorité et son dévouement avaient été à la hauteur des circonstances difficiles de cette époque troublée.

Des distinctions honorifiques avaient été attribuées à notre Collègue, non seulement par son pays, mais aussi par la plupart de ceux où il avait travaillé; c'est ainsi qu'il était officier de la Légion d'honneur, chevalier du Mérite agricole, commandeur du Medjidié, chevalier du Christ de Portugal, de l'Immaculée Conception d'Espagne et de la Croix de fer de Prusse.

DISCOURS PRONONCÉ

AUX OBSÈQUES DE M. D.-A. CASALONGA

AU NOM DE

LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

ET DE

L'ASSOCIATION DES INGÉNIEURS-CONSEILS EN MATIÈRE DE PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PAR

M. ARMENGAUD jeune

MESSIEURS,

Il y a dix ans, au cimetière du Père-Lachaise, celui que nous conduisons à sa dernière demeure avait prononcé un discours ému sur la tombe de mon père. Lorsque je m'approchai de lui pour lui exprimer ma gratitude, il me répondit en souriant : « Vous êtes plus jeune que moi et vous parlerez sur la mienne. » Il ne savait pas si bien dire, et cette triste prophétie se vérifie aujourd'hui par le fait d'un concours fortuit de circonstances.

Le Président de notre Association des Ingénieurs-Conseils est éloigné de Paris, et, en ma qualité de Vice-Président, je suis chargé de le remplacer. D'autre part, le Président de la Société des Ingénieurs Civils, M. Bodin, également absent, m'a désigné pour parler au nom de nos Collègues.

C'est cette double tâche que je viens remplir, et si elle est pénible à certains points de vue, elle est douce à un autre, puisqu'elle me permet d'acquitter une dette sacrée.

MES CHERS COLLÈGUES,

La mort subite, inattendue, de notre Confrère Casalonga, vient creuser un nouveau vide dans nos rangs. Lorsque avant les vacances, nous l'avons vu montrer tant d'ardeur dans nos dernières réunions, nous étions loin de nous douter qu'il serait si vite enlevé à l'affection des siens et à l'amitié de ceux qui ont eu l'inappréciable avantage d'être souvent en contact avec lui.

Au premier aspect, sa physionomie sévère semblait rendre son abord difficile ; mais, quand la glace était rompue, on trouvait en lui un homme plein de confiance et d'abandon, vous étonnant par la variété des sujets qu'il traitait toujours avec la plus grande sincérité. S'il lui arrivait de s'échauffer dans la discussion, c'est qu'il était animé du désir de vous convaincre, sachant toujours éviter, dans sa façon de s'exprimer comme dans son attitude, ce qui aurait pu blesser et même froisser son contradicteur.

Je ne veux qu'en passant parler du père de famille si cruellement éprouvé par la perte de son fils aîné qui promettait d'être un de nos plus distingués collègues, et dont un juste éloge a été fait par un de nos Présidents. La mort de celle qui fut la compagne dévouée de Casalonga, survenue quelque temps après, avait contribué à assombrir sa nature un peu morose, sans rien changer à l'affabilité de ses manières envers ses amis. Bien qu'il trouvât une consolation dans ses deux autres enfants qui embellissaient son foyer, il est évident que le temps n'était pas parvenu à cicatriser les deux blessures qu'il avait ressenties. De telles douleurs ne peuvent, en effet, se produire sans briser l'âme et sans ébranler le corps. C'est peut-être pour oublier, que ce père, que cet époux, si durement frappé cherchait des diversions à ses chagrins dans le travail et dans son activité mise avec tant de dévouement au service des autres, de ses camarades d'école, de ses Collègues, de ses Confrères. Il en était récompensé comme nous allons le rappeler, par les témoignages d'estime qui lui ont été donnés et qui lui étaient plus précieux que ces honneurs officiels qu'on doit plus souvent à la faveur qu'au mérite.

La vie de Casalonga a été toute de labeur et d'abnégation. C'était un travailleur acharné, trouvant en dehors de ses occupations personnelles le temps de s'adonner à l'étude de hautes questions de toutes sortes, sans reculer devant les plus arides, parmi celles où la science est loin d'avoir dit son dernier mot.

Dominique-Antoine Casalonga est né à Alata (Corse), le 3 juin 1837. Il avait conservé de l'air natal une nature ardente, impétueuse, que l'âge et les chagrins avaient un peu tempérée, mais sans l'ombre du sentiment vindicatif que l'on prête à ses compatriotes.

Il fit ses études à l'École des Arts et Métiers d'Aix, de 1853 à 1856, et en sortit diplômé avec une quatrième médaille. Une

autre École des Arts et Métiers, celle de Châlons, a été aussi, en quelque sorte, le berceau de ceux qui me touchent de près et qui ont fondé la profession d'Ingénieur-Conseil. A une époque où l'industrie française commençait à naître, il fallait dans l'état-major du personnel de nos usines et de nos manufactures des hommes qui, initiés au travail de l'atelier, étaient bien placés pour diriger les ouvriers et pour installer l'outillage permettant de remplacer peu à peu les opérations manuelles par des procédés mécaniques. Pour remplir ces conditions, nulle éducation ne valait et ne vaut peut-être encore celle que donnent ces Écoles dont on vient récemment d'augmenter le nombre, sans doute pour répondre à des besoins toujours croissants de l'industrie française.

Dès sa sortie de l'École, après avoir participé à la création du grand établissement de produits chimiques de Giraud, dans la basse Camargue, appartenant à MM. Merle et C^ie^, et actuellement à MM. Péchinay et C^ie^, Casalonga fut successivement Ingénieur des Ateliers, Forges et Fonderies de M. Barthélemy Brunon, sénateur de la Loire, puis attaché au Bureau des Études de Fives-Lille.

C'est en 1867, lors de l'Exposition Universelle à Paris, qu'il fonda un bureau d'Ingénieur Civil, devenu l'Office des brevets d'invention qu'il a dirigé jusqu'à sa mort et qu'il laisse aux mains de son fils Doumé, qui est déjà notre Collègue depuis plusieurs années.

En 1870, Casalonga a fait partie de la Garde Nationale et est resté dans Paris pendant toute la durée du siège; il a été chargé par le Gouvernement de la Défense Nationale, avec MM. E. Muller et Mesureur, de veiller à l'approvisionnement en combustible des usines de Paris qui fabriquaient le matériel de guerre. De ce fait, en témoignage de son dévouement patriotique, il a obtenu un certificat décerné par le Ministre des Travaux publics au nom du Gouvernement.

Mais ce titre militaire, qui prouve que Casalonga fut un bon citoyen, se trouve effacé par le nombre et la valeur de ses titres civils.

C'est ainsi qu'il prit une part active, soit comme exposant, soit comme membre du Jury, à toutes les grandes Expositions qui se sont succédé en France de 1875 à 1900, où il obtint des mentions et des médailles.

Il a été membre de la Commission d'initiative française de

l'Exposition de Barcelone en 1888, où il a également rempli les fonctions de membre du Jury, et à cette occasion il a été décoré sur la proposition du Commissaire Général, M. Prevet, sénateur, par le Gouvernement Espagnol, de la croix d'Isabelle la Catholique, et proposé également par le Commissaire Général pour la croix de la Légion d'honneur.

Mais je dois insister principalement sur le rôle actif de Casalonga dans les Congrès de la Propriété Industrielle en 1878, en 1889 et en 1900. C'est au Congrès de 1878 que furent jetées les bases de la Convention Internationale de 1883 dont notre Confrère fut un des plus chauds partisans. Il comprenait l'importance de la disposition fondamentale qui reconnait à l'inventeur un droit de priorité pendant le temps qui lui est nécessaire pour perfectionner sa découverte et la faire protéger à l'étranger. Grâce à cette Convention, améliorée par l'acte additionnel de Bruxelles, l'inventeur se trouve presque affranchi des entraves qui résultaient de la diversité des législations.

Une autre voix vous dira tout ce que Casalonga a fait pour l'Association des Inventeurs et Artistes industriels, fondée par le baron Taylor, dont il était en dernier lieu Vice-Président.

La Société des Ingénieurs Civils comptait peu de membres aussi assidus que notre Collègue. Les nombreuses communications qu'il a faites et la part fréquente qu'il prit dans les discussions lui valurent l'honneur d'être nommé membre du Comité depuis 1900. Je citerai entre autres, ses communications sur *la capacité calorifique de l'air*, en 1878; sur *le maximum théorique du rendement direct des machines à vapeur*, en 1891; sur *la quantité de chaleur qui traverse toute chaudière et qui n'a jamais été comptée*, en 1892, et enfin tout récemment sur *une nouvelle application des plates-formes roulantes souterraines à traction électrique pour le transport en commun des voyageurs dans Paris*.

Je n'aurai garde d'oublier que notre Collègue s'entendait à merveille pour résumer d'une façon claire et concise les modifications apportées dans les lois relatives aux brevets d'invention.

En 1887, M. Casalonga avait partagé avec M. Gouilly le prix Henry-Giffard pour son étude sur les travaux de cet illustre Ingénieur l'inventeur de l'injecteur qui porte son nom.

Casalonga avait compris qu'on ne peut être un bon Ingénieur-Conseil en matière de Propriété Industrielle qu'à la condition de posséder un fonds solide de connaissances techniques. Il n'avait donc jamais cessé depuis sa sortie de l'École des Arts et Métiers

d'étudier et de se mettre au courant des progrès accomplis surtout dans la mécanique. Sans doute, appelés comme nous le sommes à toucher à toutes les branches nous ne pouvons avoir la prétention d'avoir dans chacune d'elles la compétence d'un spécialiste; mais il est nécessaire que nous soyons bien imbus des principes essentiels, moins nombreux qu'on ne peut le croire, sur lesquels repose le développement de l'industrie manufacturière, si fertile en inventions. Sous ce rapport, l'érudition de Casalonga était vaste et, pour ainsi dire, encyclopédique. Il en a donné la preuve par la variété des sujets traités dans ses ouvrages.

Le plus ancien en date, dont l'édition de 1878 a été rapidement épuisée, présentait une méthode intéressante pour *calculer les éléments proportionnels de construction mécanique*. Je signalerai ensuite l'étude sur *les engrenages*, de 1877 ; *les apppreils et procédés de mouture*, 1883 ; *l'électro-métropolitain parisien*, avant-projet d'exploitation et d'exécution, en collaboration de M. C.-A. Faure, 1893; mémoire sur *le rendement absolu et direct de la machine à vapeur*, 1891 ; sur *un compteur à eau* de son système ; sur *la presse continue à pulpe;* l'étude sur *les marteaux-pilons*.

En 1878, au Congrès international du Génie Civil, dont j'avais l'honneur, avec M. Marché, d'être un des Secrétaires généraux, M. Casalonga avait présenté un travail très remarquable sur *l'unification internationale des séries de pas de vis et de divers autres organes élémentaires de construction*.

Un grand nombre des mémoires de Casalonga ont été insérés dans les Bulletins de la Société des Anciens Élèves des Écoles des Arts et Métiers dont il était également Vice-Président.

Son talent de vulgarisateur put se déployer à son aise dans la Revue technique qu'il avait fondée en 1878, sous le titre de *la Chronique Industrielle* et qui est à sa vingt-cinquième année d'existence.

C'est aux réunions de l'Association pour l'Avancement des Sciences, dont il était un des Membres les plus fidèles, que Casalonga a surtout exposé ses idées personnelles sur la thermodynamique. Dans d'autres milieux, on lui reprochait la témérité qu'il avait de s'attaquer aux principes posés par Sadi-Carnot, Clausius, Meyer. Ce qui justifiait son intervention, c'est qu'il avait à cœur, comme il me l'a dit bien souvent, de faire cesser les discordances qu'il avait relevées entre les résultats de plusieurs expériences pratiques et ceux qu'aurait dû donner l'application des formules consacrées. Mais un grand savant, M. Poincaré, ne nous a-t-il pas dit encore récemment, dans son livre sur *la science et l'hypo-*

thèse, que les théories considérées comme les plus certaines aujourd'hui pourront être reconnues demain comme des erreurs.

Les contestations qui s'élèvent entre les brevetés et les industriels nous avaient souvent rapprochés tous deux comme Conseils des parties adverses. Or, j'ai la satisfaction de déclarer que c'est toujours par un arrangement amiable que nous avons réussi à régler les différends plutôt que de laisser engager nos clients dans des procès interminables et ruineux. Sans élever la moindre suspicion sur l'intégrité des juges, nous savons, par expérience, qu'ils sont souvent incompétents dans ces questions, où le point légal est inséparable du point technique, et comment, dans ces affaires si délicates, la vérité peut-elle jaillir quand la lumière fait défaut dans l'esprit de ceux dont on attend la sentence, et sans la recherche de la vérité peut-il y avoir une justice ? Ce sont ces sentiments qui inspirèrent toujours la conscience droite et honnête de Casalonga dans sa longue carrière d'Ingénieur-Conseil.

MESSIEURS,

Bien qu'elle l'ait surpris, Casalonga ne s'effrayait pas de la mort qu'il voyait venir avec une sereine philosophie. Ayant longtemps vécu et beaucoup souffert, il la considérait comme une délivrance. Pourquoi nous plaindrions-nous de cesser d'exister un jour, puisque nous ne savons pas ce que nous avons été avant de naître.

Notre doyen n'est plus. Nous ne verrons plus, parmi nous, sa figure grave et souriante ; nous n'entendrons plus sa parole chaude et communicative, mais nous garderons ineffaçable et vivace le souvenir de sa collaboration si efficace et si féconde, car les fruits de nos efforts communs ont déjà été recueillis, puisque les principales réformes demandées par nous aux Pouvoirs Publics dans les lois sur les brevets d'invention sont aujourd'hui un fait accompli.

Son fils, qui l'a secondé depuis plusieurs années, va lui succéder. Il ne pourra faire mieux que de suivre la tradition paternelle et s'il avait besoin d'un appui, il sait qu'il peut compter sur les amis et Collègues de son père.

Je lui exprime donc, ainsi qu'à sa digne sœur et à sa famille, toute la part que nous prenons à leur immense douleur, et au nom des Ingénieurs-Conseils ainsi qu'au nom de la Société des Ingénieurs Civils de France, j'adresse à celui qui fut mon ami et mon Confrère un dernier et suprême adieu.

CHRONIQUE

N° 286.

Sommaire. — Les dispositifs de changement de marche dans les machines à vapeur *(suite)*. — Les grandes vitesses sur les chemins de fer. — Emploi de la vapeur surchauffée dans la marine. — Le tunnel de l'Hudson. — Le tunnel du Simplon. — La marine marchande du monde.

Les dispositifs de changement de marche dans les machines à vapeur (*suite*). — 6° *Coulisse commandée par un ou deux excentriques ou organes équivalents.* — Le premier exemple de la combinaison d'une coulisse avec un excentrique comme dispositif de changement de marche se trouve dans une voiture automobile construite en 1828 par Goldsworthy Gurney, médecin par profession et mécanicien par vocation. Cet inventeur fit plusieurs voitures de ce genre, dont quelques-unes eurent un réel succès pratique, et on lui doit divers progrès, parmi lesquels l'emploi des ailettes pour les appareils de chauffage. Dans la voiture dont il s'agit, l'arbre de distribution se terminait par une coulisse évasée au milieu et affectant par conséquent la forme d'une ellipse allongée. La barre de l'excentrique unique portait à son extrémité un bouton qui pouvait se loger dans l'une ou l'autre des extrémités de la coulisse, suivant le sens à donner à la marche. On comprend que la coulisse devait être évasée entre ses extrémités pour permettre le déplacement du bouton de la barre d'excentrique dans les positions moyennes de cette barre. Il est facile de voir qu'on éviterait cette nécessité en plaçant le bouton sur une barre reliée, non plus à l'excentrique, mais à la tige du tiroir, la barre d'excentrique étant employée à faire osciller la coulisse, C'est ce que fit en 1833, W. Brunton (1) pour le changement de marche d'une machine desservant un plan incliné aux houillères de Neath Abbey, dans le Pays de Galles. On trouve un croquis à main levée de ce dispositif, croquis datant de l'époque et très grossier, dans l'*Engineer* du 11 février 1870, page 85. La coulisse en arc de cercle, avec sa concavité tournée vers le tiroir, contient un coulisseau relié à une bielle actionnant la tige du distributeur; l'axe d'oscillation de cette coulisse porte un levier relié à la barre de l'excentrique et le coulisseau est déplacé par une tige commandée par un levier. C'est le premier exemple d'une coulisse en arc de cercle avec rainure.

(1) William Brunton, mécanicien distingué, est connu par des inventions diverses, les unes utiles, les autres simplement curieuses. Nous citerons, parmi les premières, une grille circulaire à rotation pour chauffage fumivore des chaudières, datant de 1820, et qui eût un assez grand succès et, parmi les autres, la locomotive à jambes ou béquilles, proposée en 1813 pour remédier au défaut imaginaire du manque d'adhérence entre les roues de la machine et les rails.

Nous croyons que ces essais, pas plus que la coulisse de Gray proposée pour la détente variable en 1838, n'ont eu de rapport direct avec l'invention de la coulisse dite de Stephenson, dont l'origine doit, selon nous, être la suivante. En 1840, Stephenson construisit des locomotives dans lesquelles les tiroirs, au lieu d'être placés, comme d'habitude, sur les cylindres, étaient disposés verticalement entre ceux-ci, avec leur tiges contenues dans le même plan horizontal que les tiges de pistons, disposition réalisée en France, à peu près à la même époque, par Pauwels, comme nous l'avons indiqué précédemment. La tige du tiroir se terminait par une double fourchette en forme d'X. Les deux barres d'excentriques étaient terminées chacune par un bouton, chaque bouton correspondant à une des branches de l'X et les deux boutons étaient réunis par une barre droite. Cette disposition était le dernier pas à faire pour arriver à la création de la coulisse, car il a suffi de cintrer la barre (1) et de remplacer la pièce en X par un bloc dans lequel pouvait glisser la barre pour réaliser le système de changement de marche universellement employé depuis 1843 jusqu'à ces dernières années. On attribue cette heureuse modification à Howe, un des employés de Stephenson. Il semble toutefois qu'un autre agent de la même maison, Williams, avait proposé auparavant un mode de liaison des deux excentriques présentant une certaine analogie, mais irréalisable en pratique. On a beaucoup discuté sur les titres respectifs de Howe et de Williams; on trouvera, notamment dans le 1er semestre de 1870 de l'*Engineer*, une énorme quantité de correspondances relatives à cette question. Quoi qu'il en soit, la genèse de la coulisse nous paraît être celle que nous venons d'indiquer et que nous n'avons jamais vu relater nulle part.

La coulisse dite de Stephenson ou coulisse mobile a été très employée dès le début et a été longtemps le principal système de changement de marche des locomotives et des machines de bateaux. La coulisse fixe ou renversée attribuée à D. Gooch est presque aussi ancienne. tandis que la coulisse rectiligne, proposée à peu près simultanément, d'une part par Trick, Ingénieur de la maison Kessler, d'Esslingen, inventeur du tiroir à canal, et de l'autre, par Allan, de Crewe, ne date que de 1856.

On a beaucoup discuté sur les mérites respectifs de ces divers dispositifs. Il y a bien des cas où le choix à faire dépend des conditions d'établissement des machines. Ainsi, la coulisse de Gooch a été très peu employée en marine, probablement parce que l'ensemble des mécanismes de distribution demande une assez grande longueur; nous l'avons vu cependant adoptée pour des machines inclinées de bateaux à roues, et cela uniquement parce que, étant fixe, elle exige moins de hauteur sous le pont que la coulisse à relevage. C'est pour la même raison qu'on a souvent employé ce genre de distribution dans les locomotives à mouvement intérieur ayant des chaudières avec l'axe du corps cylindrique peu élevé au-dessus du rail suivant la pratique généralement en usage en Europe jusqu'à il y a peu de temps.

La distribution Walschaerts, qui rentre dans la catégorie dont nous

(1) Cette barre de liaison porte, en anglais, le nom de *link*, mot qui a été conservé pour désigner la coulisse.

nous occupons (1), date de 1843, mais elle n'a reçu sa première application qu'en 1848 sur une locomotive des chemins de fer de l'État Belge.

On sait quel succès elle a depuis quelques années et elle tend à remplacer, au moins dans certains pays, tous les autres systèmes de distribution pour les locomotives.

Nous croyons inutile de rappeler ici les polémiques auxquelles a donné lieu l'invention de ce mécanisme, invention qu'en Allemagne on s'obstine encore à attribuer à Heusinger de Waldegg; la question est toutefois définitivement tranchée en faveur de Walschaerts; nous nous bornerons à renvoyer les personnes que la question intéresserait à la note de M. J. Boulvin, parue dans la *Revue de Mécanique* de février 1902, et à un article sur le même sujet de la Chronique d'avril 1902 du *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils de France*.

Le principe de l'invention de Walschaerts est dans l'emploi d'un levier d'avance combiné avec un changement de marche sans avance. Il est singulier que, dans son brevet daté du 5 octobre 1844 pour la Belgique et du 25 octobre de la même année pour la France, l'ingénieur belge ait adopté pour le changement de marche précisément la disposition indiquée plus haut de G. Gurney; nous croyons pouvoir maintenir toutefois notre opinion émise dans l'article sus-mentionné de la Chronique du *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils*, savoir que cette disposition de coulisse ovale avait du être inspirée à Walschaerts par la détente variable de Cabry employée à l'époque au chemin de fer de l'État Belge. Mais la forme de coulisse réalisée dans l'application faite en 1848 est celle que nous avons attribuée plus haut à W. Brunton; c'est la forme actuellement employée.

On a dans certains cas modifié le système Walschaerts en supprimant l'emploi de l'excentrique ou du bouton de manivelle; nous citerons, à ce sujet, la distribution Stevart, employée sur quelques locomotives belges, où la coulisse est actionnée par la tige du piston de la machine voisine, et le système Kitson où la commande est prise sur une bielle. Ces systèmes ne se sont pas répandus. Dans un autre ordre d'idées, nous devons mentionner le dispositif à coulisse rectiligne, assez employé par la maison Krauss, de Munich, et imaginé, croyons-nous, par son éminent Ingénieur en chef, notre collègue M. R. von Helmholtz. Nous nous rappelons avoir vu, il y a environ vingt-cinq ans, un dessin d'une distribution Walschaerts ayant une coulisse rectiligne dont la disposition était analogue à celle de la coulisse Allan ou Trick; ce projet était dû, si nous ne nous trompons pas, à M. Klose, alors chef de traction du chemin de fer de l'Union Suisse. Nous ne savons s'il a été exécuté.

La distribution Walschaerts (2), si employée sur les locomotives, n'a

(1) Ce n'est pas tout à fait rigoureux, car cette distribution est caractérisée par l'emploi d'un autre organe que la coulisse, le levier d'avance. Néanmoins, pour ne pas multiplier par trop les classes, nous avons profité de la présence de la coulisse pour mettre le système Walschaerts dans les distributions de ce genre.

(2) Nous profitons de l'occasion pour faire remarquer que le nom de Walschaerts est presque toujours écrit d'une façon incorrecte dans les publications françaises; la véritable orthographe est celle que nous donnons ici.

reçu que peu d'applications en dehors de ces machines. On la rencontre toutefois sur les paquebots à roues du Gouvernement belge, de la ligne d'Ostende à Douvres. Cette application semble rationnelle, car on a souvent signalé l'illogisme de l'emploi de deux excentriques, dont l'un ne travaille pour ainsi dire jamais, sur des machines de paquebots transatlantiques marchant toujours dans le même sens pendant des périodes continues de longue durée. Il semble que la suppression, pour chaque cylindre, d'un de ces excentriques dont le diamètre atteint jusqu'à 1,60 *m* ne serait pas sans entrainer quelque avantage.

Les mécanismes de changement de marche à coulisse réalisent la liaison permanente des excentriques avec les distributeurs. Le renversement de la marche, amenant la substitution de l'action d'un des excentriques à l'autre fait passer le système par un point mort où le déplacement du tiroir est nul ou peu s'en faut; ce point mort doit être nécessairement précédé, dans un sens et dans l'autre, d'une variation de la course de ce tiroir. Or, R. Roberts avait, dès 1832, indiqué qu'il existait, pour une machine donnée, une relation entre la longueur de la course du tiroir et celle de la période d'admission de la vapeur au cylindre et qu'on pouvait, par suite, faire varier cette dernière en faisant varier la première, mais il n'avait pas fait passer cette idée dans la pratique.

Elle fut réalisée en 1839 par John Gray, sur la machine *Cyclops*, du chemin de fer de Liverpool à Manchester, mais sous une forme assez compliquée, tandis que Cabry, Ingénieur anglais attaché au service de la traction des chemins de fer de l'État Belge, donna, en 1841, une solution bien plus simple qui fut largement employée sur le matériel de cette administration. La liaison permanente entre le mécanisme de commande et le tiroir, réalisée par les divers systèmes de coulisse, impliquant nécessairement la possibilité de faire varier la course de l'organe distributeur, ces systèmes devenaient *ipso facto* des appareils de détente variable très simples et très convenables pour les locomotives. C'est comme cela qu'a été résolu ce problème, vainement attaqué par d'autres voies.

Il est juste de dire que certains dispositifs indiqués dans les précédentes catégories réalisent le même but dans une certaine mesure ; ce sont les systèmes dans lesquels le changement de calage de l'excentrique unique se fait, non par un mouvement circulaire de cet organe autour de l'arbre, mais par un déplacement de son centre suivant une ligne droite réunissant les deux positions extrêmes de ce centre et coupant la circonférence décrite par lui concentriquement à l'arbre.

7° *Mécanismes du genre dit radial.* — Il s'agit ici des systèmes de distribution dans lesquels le mouvement du tiroir est pris sur un point d'une barre oscillante dont une extrémité décrit une courbe fermée, tandis qu'un troisième point se déplace suivant une ligne droite ou une courbe ouverte.

L'expression *radial* est la traduction littérale du mot anglais radial employé pour la première fois, à notre connaissance, dans un article sur les distributions de ce genre publié dans l'*Engineer* de 1883, vol. I. page 138. Aucune explication n'y est donnée sur les motifs qui ont amené le choix de cette expression, qui semble d'ailleurs assez peu jus-

tifiée, et nous n'avons pu, malgré nos recherches, découvrir aucun renseignement satisfaisant à ce sujet.

On trouve pour la première fois mention de ce système dans un brevet français, portant la date du 18 février 1843, au nom de Solms (Édouard), à Château-Renault, pour un appareil de distribution de vapeur et de manœuvre applicable aux machines de bateaux, aux locomotives, aux machines d'extraction de mines et, en général, aux machines à vapeur qui doivent tourner dans les deux sens.

Ce brevet est extrêmement intéressant, en ce qu'il renferme toutes les dispositions essentielles de ce genre de distribution (1) et qu'il semble avoir été rédigé par un homme du métier parfaitement au courant de la pratique de la conduite des machines à vapeur à changement de marche, surtout des machines marines. Ce document si remarquable paraît être resté tout à fait inconnu, et nous avons été le premier à le tirer de l'oubli en le mentionnant dans la *Revue Industrielle* du 11 décembre 1878 et, plus tard, en le reproduisant *in extenso*, avec les figures, dans la Chronique d'août 1886 du *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils*.

Un dispositif tout à fait analogue a été patenté, en 1859, par John W. Hackworth, fils de Timothy Hackworth qui, comme on sait, fut un des concurrents de Stephenson au concours de Rainhill, pour lequel il avait construit la *Sanspareil*. C'est ce brevet qu'on invoque, en Angleterre, pour attribuer à Hackworth la paternité de ce genre de distributions. Le simple rapprochement des dates fait justice de cette prétention. Toutefois, la première application (2) date de beaucoup plus tard. M. Ch. Brown, alors directeur de la fabrique de locomotives de Winterthur, appliqua un système de ce genre, vers 1876, à de petites machines de tramways, et l'Ingénieur anglais Joy présenta sa disposition vers 1880.

(A suivre.)

Les grandes vitesses sur les chemins de fer. — On a pu lire récemment sur les journaux que des vitesses de 184 et même 200 *km* à l'heure avaient été réalisées par une voiture automobile électrique sur le chemin de fer militaire Berlin-Zossen, le 19 septembre dernier. La voie sur laquelle se faisait ce parcours était établie très solidement en rails de 42 *kg* par mètre courant posés sur des traverses très rapprochées.

Ce fait inspire à l'*Engineering News* des réflexions qu'il nous paraît intéressant de reproduire.

Les Ingénieurs allemands dépensent actuellement beaucoup de temps et d'argent pour arriver à produire des locomotives soit électriques, soit à vapeur, pouvant réaliser des vitesses de 160 *km* à l'heure. D'après ce

(1) L'auteur décrit l'emploi d'une coulisse à rainure dans laquelle glisse l'extrémité de la barre et prévoit celui d'un système articulé pour obvier au frottement qu'éprouve le coulisseau dans la rainure.

(2) Le dessin du brevet de Solms représente sa disposition appliquée sur la machine de la corvette à roues le *Veloce* de 220 *ch*, construite par Fawcett, à Liverpool. Des auteurs ont cru pouvoir en conclure gratuitement que l'application avait été réellement faite à cette machine. C'est une erreur complète.

qu'on vient de voir, ils seraient arrivés à obtenir ces jours-ci cette vitesse et même à la dépasser. La question qui se pose tout naturellement est celle-ci : est-il réellement utile ou nécessaire de voyager dans ces conditions ? Il est opportun de rapprocher du fait qui vient d'être avancé les discussions qui se sont produites à la dernière réunion du Railway Signaling Club, au sujet de la position des signaux à distance. L'Ingénieur chargé du service des signaux d'une grande Compagnie de chemins de fer a déclaré qu'il ne lui avait pas été possible de faire fonctionner mécaniquement un signal avec une longueur de fil supérieure à 610 *m*.

On sait que, pour faire circuler sûrement des trains avec le block system, l'espacement des signaux à distance doit être proportionnel à la vitesse des trains les plus rapides. Le signal avancé prévient le mécanicien en cas de danger pour qu'il puisse arrêter son train avant d'arriver au point protégé et, plus la vitesse est considérable, plus grand devrait être le point où l'avertissement est donné au train. Avec les vitesses actuelles, il n'est pas rare de voir placer le signal avancé à 750 *m*, de sorte que, si cette distance convient pour une vitesse maxima de 100 *km*, il faudrait, pour une de 160, le placer à près de 2 000 *m*, si on tient compte de ce que la puissance vive emmagasinée dans un train de chemin de fer en mouvement varie comme le carré de la vitesse, et que cette puissance vive doit être détruite par l'action des freins pour produire l'arrêt du train.

Il est inutile de discuter au sujet des difficultés qu'on éprouverait à installer et à faire fonctionner des signaux à 2 *km* de distance et des dangers que présenteraient ces conditions. Nous nous bornerons à nous occuper de la situation qu'elles créeraient pour les mécaniciens.

Une vitesse de 160 *km* à l'heure correspond à un parcours de 44,44 *m* par seconde. Admettons que, par un temps clair, on puisse voir le signal à 500 *m*, le mécanicien aura onze secondes pour se rendre compte de la situation et faire ce qu'elle comporte. Mais il est bien des cas où ce laps de temps sera considérablement réduit. Il est très possible que le signal avancé ne puisse être vu qu'à une distance très inférieure à celle qui a été indiquée. La vitesse de 160 *km* pourrait ne laisser que deux secondes au mécanicien pour lui permettre d'apprécier si son train marche en toute sécurité ou court à une catastrophe !

On pourrait invoquer bien d'autres considérations pour montrer que, s'il est matériellement possible de réaliser des vitesses de 160 *km* et plus à l'heure, il n'est point pratique de baser une exploitation sur l'emploi de vitesses dépassant d'une telle manière les plus grandes qu'on ait jusqu'ici atteintes régulièrement. Si on arrive à faire circuler les trains à cette vitesse, ce ne pourra être que sur des voies faites pour eux et parcourues uniquement par eux, à l'exclusion de tout autre trafic. On a déjà cherché à prouver que de telles lignes donneraient un profit suffisant, mais jusqu'ici les capitalistes ne se sont pas laissé persuader. Le seul fait qu'en Allemagne on a réalisé une vitesse égale et même supérieure à 160 *km* à l'heure ne prouve absolument rien quant à la possibilité pratique et à l'utilité d'exploiter des chemins de fer dans de telles conditions.

Emploi de la vapeur surchauffée dans la marine. — Nous avons signalé dans la Chronique de novembre 1902, page 734, les résultats très favorables obtenus avec la vapeur surchauffée sur le bateau *Lausanne* de la Compagnie générale de Navigation sur le lac Léman. Nous trouvons dans le *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure* de nouveaux exemples de l'installation de surchauffeurs sur des bateaux à vapeur.

La Compagnie de remorquage de Mannheim a installé des surchauffeurs du système Schmidt sur ses bateaux à roues le *Johannes Kessler* et le *Mannheim VIII*.

Les coques de ces remorqueurs ont été construites aux chantiers Berninghaus, à Duisburg. Elles ont 70 *m* de longueur sur 8,5 *m* de largeur et 3,7 *m* de creux; le tirant d'eau est de 1 *m*.

Les machines et chaudières ont été faites par les ateliers Escher, Wyss et C^ie^, à Zürich. Les machines à triple expansion ont trois cylindres inclinés dont les diamètres respectifs sont 0,550, 0,800 et 1,300 *m*; la course est de 1,650 *m*.

Il y a deux chaudières cylindriques avec deux foyers ondulés dans chacune. A la partie supérieure du faisceau tubulaire est disposé un gros tube traversé comme les autres par les gaz de la combustion, et dans lequel sont les tubes en U servant à la surchauffe. La température, dans la boîte à tiroir du premier cylindre, atteint 270 degrés, ce qui donne un excès de 95 degrés par rapport à la température de la vapeur saturée à 13 *kg*, pression de régime des chaudières.

Les premiers essais faits avec une charge remorquée de 2500 *t*, entre Duisburg et Mannheim, ont montré un fonctionnement tout à fait satisfaisant, la puissance indiquée s'élevant à 800 à 1000 *ch*.

D'autre part, les chantiers Wollheim, à Breslau, ont installé des surchauffeurs Schmidt sur un petit remorqueur à deux hélices, le *Delphin;* avec une température de 270 degrés, on a dépensé 83 *kg* de charbon par heure en développant 90 *ch* indiqués. La même maison a monté des surchauffeurs sur le remorqueur à roues C. W. X. de 320 *ch*. Avec une température de 250 degrés seulement, des essais comparatifs faits avec des bateaux semblables, mais marchant à la vapeur saturée, ont donné une économie de combustible de 15 0/0. Les bons résultats obtenus font prévoir un développement considérable de la surchauffe dans la navigation intérieure en Allemagne.

Le tunnel de l'Hudson. — Une des questions les plus intéressantes qui touchent la ville de New-York, et qui est posée depuis longtemps, est celle des communications à établir à travers l'Hudson pour relier la métropole à la côte de New-Jersey et avec la contrée située au sud et à l'ouest. On a successivement employé les bateaux à rames, les bateaux à voiles et les bateaux à vapeur, mais même les types les plus perfectionnés de *ferry boats* à deux étages et à hélices ne satisfont pas encore complètement à la nécessité d'avoir un moyen de transport rapide, certain et indépendant du temps, du vent, du brouillard et des glaces. Il fallait donc examiner la convenance d'établir un pont sur le fleuve ou un tunnel sous son lit. La construction d'un ou de plusieurs

ponts paraissait devoir entrer en voie de réalisation lorsque la largeur de vues et la courageuse initiative du Pennsylvania Railroad firent revivre l'idée de pratiquer un tunnel sous le fleuve pour faire pénétrer les voies de cette puissante Compagnie au cœur de la cité et donnèrent un nouvel intérêt aux méthodes de percement des tunnels de ce genre.

Il y a une trentaine d'années qu'un projet de tunnel sous l'Hudson avait été présenté et les travaux d'exécution avaient été commencés en 1874. Nous en avons parlé plusieurs fois dans ces chroniques (voir notamment celles de mai et août 1880, août 1882 et février 1883). Le tracé partait du pied de la 15e rue, à Jersey City, pour aboutir au bas de Morton street à New-York; il devait y avoir deux tubes. Les travaux furent poursuivis d'une manière assez intermittente jusqu'en 1882 où, après avoir construit environ 610 *m* du tube nord et 168 *m* du tube sud, la Compagnie suspendit ses opérations. Une Société anglaise fut organisée pour achever le tunnel, mais elle renonça à l'entreprise en 1891, bien qu'elle eût déjà poussé l'avancement du tube nord jusqu'à près de 1 200 *m* de la rive de New-Jersey.

A l'époque où on commença le tunnel, on avait peu de précédents de travaux sur une semblable échelle et dans des conditions analogues. Aussi la dépense fut-elle très élevée, il paraît qu'on engloutit plus de 20 millions de francs dans cette tentative. On n'employa pas d'abord de bouclier, et la rencontre de grandes quantités de sable fin au front d'attaque de la galerie amena un grave accident qui fit plusieurs victimes. Pour éviter le retour de ces éventualités, on opéra avec l'air comprimé, et la pose des segments en fonte du revêtement fut menée avec la plus grande rapidité possible pour ne pas laisser le terrain découvert. On éprouva une grande difficulté à maintenir la pression de l'air qui s'échappait à travers le terrain peu dense et laissait pénétrer l'eau. Ces fuites d'air étaient indiquées par un sifflement et, en général, les ouvriers avaient le temps de boucher les trous avec de l'argile avant que l'eau commençât à pénétrer dans l'excavation.

Une fois, il se produisit une fuite si subite et de telle importance que l'argile et la paille qu'on se hâta d'employer furent violemment refoulées au dehors par la pression de l'air. Dans cette grave occurrence, le capitaine John Anderson, chef de service des travaux, eut le courage de se placer dans l'ouverture et y resta jusqu'à ce que les ouvriers qui l'entouraient eussent pu mettre de l'argile entre son corps et les parois du trou et arriver graduellement à boucher l'orifice.

Dans une autre circonstance, il se produisit une rentrée d'eau très forte et, avant que les ouvriers ramenés en arrière eussent pu franchir tous l'écluse à air, la porte de celle-ci se cala si malheureusement qu'on ne put l'ouvrir et que tous les hommes restant dans la galerie furent noyés. Ces événements datent de la première période des travaux, mais ils sont utiles à mentionner, parce qu'ils font voir les dangers de ce genre de travail et justifient les perfectionnements introduits depuis dans les méthodes d'opération pour en prévenir le retour.

Depuis l'époque où les travaux furent abandonnés, en 1891, le tube nord était rempli d'eau. A la fin de 1896 et au commencement de 1897, les créanciers de l'entreprise prirent possession du tunnel et le firent

mettre à sec pour permettre d'en reconnaître l'état. On constata que les travaux exécutés, à l'exception d'environ 150 *m*, étaient dans les meilleures conditions de conservation et on constitua une société, le New York and New Jersey R. R., avec un capital suffisant pour continuer et achever le tunnel.

Pendant ce temps, on continua à maintenir le tube à sec et à l'entretenir jusqu'en avril 1902, où des ordres furent donnés pour commencer les travaux. Les installations faites à l'origine du côté de New-York avaient été enlevées, le puits aboutissant aux tubes s'était comblé, et il ne restait plus de vestige des travaux extérieurs. Du côté de New-Jersey, il n'y avait que des constructions légères et un matériel ancien et totalement insuffisant. On décida de faire table rase du passé et de recommencer avec un matériel neuf et approprié à un travail rapide et sûr et, en même temps, de faire des installations de surface à l'abri de toute chance d'incendie.

Un bâtiment à charpente métallique fut établi du côté de New-Jersey pour recevoir les bureaux et diverses installations ainsi que les machines de la surface.

Le puits à l'ouest du tube nord a 9,15 *m* de diamètre et 20 *m* de profondeur; il est revêtu de maçonnerie de briques et débouche à la partie supérieure dans le bâtiment des machines. Le tube nord a un diamètre intérieur de 5,52 *m*, et un diamètre extérieur de 5,95 *m*. Le tube sud a les diamètres correspondants de 4,65 *m*, et 5,05 *m*. Les deux tubes sont recouverts d'une enveloppe en plaques de fonte à brides boulonnées. Le revêtement du tube nord est formé d'anneaux de 0,512 *m* de longueur, chacun composé de onze segments et d'une clé; ces segments ont 37,5 *mm* d'épaisseur et ont sur tous les bords des brides de 0,100 *m* de longueur et de 56 *mm* d'épaisseur; ces brides sont serrées par des boulons d'acier de 30 *mm* de diamètre; elles sont d'ailleurs renforcées par des nervures les rattachant à l'âme du segment à des intervalles de 0,25 *m*. Les brides assemblées laissent entre elles des vides angulaires pour recevoir un calfatage étanche. Au centre de chaque segment est pratiqué un trou de 30 *mm* de diamètre qu'on bouche par un tampon vissé. Chacun des anneaux, de 0,512 *m* de longueur, pèse environ 5 780 *kg*, ce qui fait 11 290 *kg* par mètre courant; chaque segment pèse à peu près 500 *kg*.

Le revêtement du tube sud est composé d'anneaux de 0,610 *m* de longueur, formés chacun de neuf segments et d'une clé et pesant 5 137 *kg*, soit 8 420 *kg* par mètre courant.

Les principales difficultés que présentent les travaux se trouvent dans la nature du sol qui est un sable extrêmement fin, dans la faible hauteur de terrain qui reste entre l'eau et le sommet des tubes, et aussi dans ce fait que la surface du lit rocheux inférieur est si irrégulière que le tube se trouve tantôt dans le rocher, tantôt dans le terrain inconsistant. Aucun tunnel de quelque importance n'a été, jusqu'ici, établi avec un bouclier rencontrant tantôt des roches, tantôt de la terre sans consistance; aussi les travaux actuellement en cours présentent-ils un intérêt particulier.

Le bouclier installé par la précédente entreprise a été réparé et modifié sous divers rapports et, tel qu'il est actuellement, il fonctionne au

tunnel nord avec un succès complet. Toutefois, il n'était primitivement destiné qu'à travailler dans l'argile, et ne pouvait servir lorsque le front d'attaque comportait de l'argile dans le haut et du rocher à la partie inférieure. Dans ce cas on arrêtait le travail après que le bouclier avait opéré un certain avancement; une ouverture était alors pratiquée dans le bouclier et on établissait dans cette ouverture un éperon se projetant de 2 *m* environ en avant du tranchant du bouclier; cet éperon se composait d'une carcasse en fer à double T de 0,30 *m* de hauteur et de tôles d'acier de 18 *mm* d'épaisseur assemblées par rivets avec le bouclier lui-même et fortement étayées. Au-dessous, on boisait solidement les côtés et le fond de l'excavation. L'éperon permettait de faire avancer le bouclier dans tous les cas où le rocher ne s'étendait pas à plus de 2 *m* au-dessus de la partie inférieure du tranchant. Grâce à sa présence, les ouvriers pouvaient perforer et excaver le rocher par dessous; cette méthode a, paraît-il, donné toute satisfaction.

Le bouclier mesure 5,94 *m* à l'intérieur et est poussé en avant par seize vérins hydrauliques de 0,20 *m* de diamètre. La pression exercée par ces vérins dépend de la résistance du terrain et varie d'un moment à l'autre selon la nature de celui-ci. On assemble les pièces du revêtement en arrière du bouclier au moyen d'appareils mus par la pression hydraulique; ceux-ci sont d'ailleurs tout à fait indépendants du bouclier et ont un déplacement spécial.

Le tunnel nord a un système de transport de déblais par câble disposé en trois sections séparées par des écluses à air. La première section, qui a 48 *m* de longueur, va du fond du puits d'accès à la première écluse à air; la seconde, de 506 *m*, va de la première à la seconde écluse, et enfin la troisième, de longueur nécessairement croissante, va de la seconde écluse au front d'attaque. Chaque section a un mécanisme et un moteur indépendants.

Un plancher provisoire en bois a été établi dans toute la longueur du tunnel suivant le diamètre horizontal; il porte deux voies de 0,53 *m* d'écartement entre les rails avec leurs axes distants de 1,515 *m*. Un câble court sur le plancher entre les rails et les wagonnets peuvent y être accrochés. Lorsque le front d'attaque a avancé de 3 à 6 *m*, on déplace de la même quantité un chariot de tension placé en dessous et on avance également la partie mobile de la voie et la plate-forme de tête et on les fixe; ces opérations se font facilement et rapidement. Si l'avancement dépasse 200 *m*, on ajoute à la longueur primitive de 900 *m* de câble employé une nouvelle longueur et on continue ainsi indéfiniment. Les câbles marchent à une vitesse de 1,50 *m* environ par seconde et l'installation de transport a une capacité de 300 *t* par dix heures; il y a environ 40 wagonnets en acier pesant chacun 635 *kg* et contenant 1 180 *kg* de déblai.

Dans le tunnel sud, on a établi de nouvelles écluses à air; les machines sont commandées et on espérait reprendre les travaux dans le courant de septembre. Le bouclier, qui est en construction, est d'un nouveau modèle. Il est renforcé par des fermes horizontales et verticales et par des diaphragmes transversaux; il porte en tête une plate-forme mobile en porte-à-faux qui peut s'avancer au delà du tranchant en cas

de besoin. A l'arrière sont disposés les vérins hydrauliques et les mécanismes nécessaires à la manœuvre du bouclier et à celle des appareils de montage du revêtement.

Depuis que les travaux ont été repris, ils ont continué activement sans autre arrêt que celui qu'ont nécessité les modifications du bouclier. Dans la roche et dans l'argile, les avancements ont été en moyenne de 1,20 à 1,50 *m* par jour pour le tunnel achevé et cela dans des conditions particulièrement difficiles et hasardeuses avec 20 *m* d'eau et 3 *m* de terrain au-dessus de la partie supérieure du tunnel.

Les puits ne sont pas disposés de la même manière sur les deux rives. Du côté de New-Jersey, le puits est ouvert et la communication avec le tunnel est établie par des écluses à air horizontales, tandis que du côté de New-York, au lieu de foncer un puits à l'air libre, on a descendu un caisson dont l'accès a lieu par un puits en acier de faible diamètre se terminant par un sas à air en forme de T. Ce puits se trouve actuellement trop petit et on va le remplacer par un plus grand où le sas à air sera placé à la partie supérieure au lieu d'être en bas. Le puits contiendra le monte-charge pour l'enlèvement des déblais et pour l'arrivée des matériaux.

Le tunnel aura au maximum une hauteur d'eau de 31,10 *m* au-dessus de sa partie supérieure. Sa distance au niveau du fond du fleuve variera de 1,50 à 20 *m* ; il est établi avec une double inclinaison de 2 0/0 à partir du milieu. Il doit donner passage à un chemin de fer électrique aboutissant, du côté de New-York, à une grande station du Métropolitan Street Railway. Du côté de New-Jersey, la voie se bifurque pour aboutir, d'une part, à l'embarcadère de Pavonia du ferry de l'Erie R. R. et, de l'autre, à un endroit voisin des ferries de Hoboken et de la gare de Delaware, Lackawanna and Western R. R. A ce point il se raccordera avec le réseau du chemin de fer électrique de New-Jersey, de manière à mettre ce vaste territoire en communication directe avec tous les quartiers de New-York. Ces renseignements sont extraits de l'*Engineering Record*.

Le tunnel du Simplon. — A la fin d'août 1903, la galerie d'avancement avait une longueur de 9 808 *m* du côté nord et de 7 108 *m* du côté sud, soit un total de 16 916 *m*. Pendant le mois de septembre, on a percé 142 *m* au nord et 167 *m* au sud, total 309 *m*, ce qui porte la longueur percée fin septembre à 9 950 *m* au nord et 7 275 *m* au sud, soit au total de 17 225 *m*. Il restait donc à percer à cette date 19 729 — 17 225 = 2 504 *m*. La galerie d'avancement a ainsi atteint les 87,3 centièmes de la longueur. Au taux de 300 *m* par mois qui est plutôt faible, il faudrait donc huit mois et demie pour terminer la galerie.

Côté nord. — La galerie d'avancement a traversé les schistes calcaires, parfois pyrifères. — Le progrès moyen de la perforation mécanique a été de 5,46 *m* par jour de travail. La perforation mécanique a été suspendue pendant 94 h. 45 m. à cause du boisage.

Côté sud. — La galerie d'avancement a traversé le calcaire blanc saccharoïde jusqu'au kilomètre 7,118, puis le micaschiste et les schistes calcaires. — Le progrès moyen de la perforation mécanique a été de

5,87 *m* par jour de travail. Les eaux provenant du tunnel ont comporté 924 *l* par seconde.

La galerie d'avancement nord a atteint le point culminant du tunnel; de ce point on continue provisoirement la galerie en montant avec une rampe de 1,5 0/00 seulement, jusqu'à ce qu'on arrive à la hauteur de la galerie de faite sud. Cet arrangement est pris afin de ne pas redescendre pour le moment avec la pente de 7 0/00, ce qui exigerait des installations d'épuisement que l'entreprise ne veut pas faire avant le règlement de certaines difficultés qui ont surgi entre elle et la Confédération (1).

Nous donnons ici, d'après le *Bulletin Technique de la Suisse Romande*, quelques renseignements sur la question intéressante de la température.

Du côté nord, la température du rocher s'est élevée à 48°,8 au kilomètre 7 900 pour redescendre ensuite à 42°,6, remonter à 48°,8 et retomber enfin à 42°,2 au kilomètre 9,200. La température est mesurée à 1,50 *m* de profondeur dans la paroi de la galerie aussi près que possible du front d'attaque.

Du côté sud, la température a monté régulièrement jusqu'à 38°,4 au kilomètre 6,600.

L'entreprise a continué à vouer tous ses soins à la ventilation, surtout du côté nord et y a vraiment obtenu de beaux résultats. La température moyenne de l'air n'a, de ce côté et malgré la chaleur de la roche, pas atteint 30 degrés.

Les quantités d'air introduites sont en légère augmentation sur l'année précédente, mais cet air est rafraîchi plusieurs fois et de diverses manières avant d'arriver aux différents chantiers. Le principe de la ventilation est resté le même; l'air est refoulé de l'extérieur dans la galerie parallèle et rafraîchi au kilomètre 6,900 au moyen d'un grand appareil à eau pulvérisée; il passe ensuite dans le tunnel par la transversale du kilomètre 9,280 et s'écoule de là vers la sortie (ces données sont valables pour le 30 juin, dès lors il y aura sans doute eu quelques changements).

En arrière des deux fronts d'attaque, les parois des galeries sont aspergées énergiquement au moyen de pommes d'arrosoir, ce qui produit un abaissement notable de la température. Pour les chantiers d'abatage, il y a au kilomètre 8,840 du tunnel, un appareil à quarante-deux jets verticaux et, pour les chantiers de maçonnerie sur lesquels on ne travaille que seize heures sur vingt-quatre, deux appareils placés à l'entrée de galeries transversales murées; ceux-ci se composent de seize tuyaux horizontaux, d'environ 0,20 *m* de diamètre, dans chacun desquels se trouve un jet d'eau; l'air qui passe dans la galerie devant l'appareil est violemment aspiré et circule à travers ces tuyaux en se rafraîchissant. Enfin, à la station du tunnel, aux kilomètres 7,900 et 8,100, se trouvent deux grandes douches, ainsi que dans le tunnel achevé, au kilomètre 6,900. On a complètement renoncé aux wagons à glace, parce qu'ils n'ont pas rendu les services qu'on en attendait.

(1) Ces difficultés sont aujourd'hui aplanies par un accord intervenu entre la Confédération et l'entreprise.

Du côté sud, la circulation de l'air se fait de la même manière; cependant aucune installation de réfrigération ne fonctionne encore.

Pendant le deuxième semestre de 1903, la quantité moyenne d'air introduite en vingt-quatre heures a été de 2 545 340 m^3 au nord et de 2 737 000 m^3 au sud. Les volumes d'eau moyens également par vingt-quatre heures ont été respectivement de 7 871 m^3 dont 5 181 pour la réfrigération et de 1 890 m^3. Dans les 1er et 2e trimestres de 1903, on a employé 22 350 *kg* de dynamite à l'attaque nord et 30 019 *kg* à l'attaque sud, total 52 369 *kg*.

La marine marchande du monde. — D'après les statistiques du Lloyd, le tonnage total de la marine marchande du monde s'élèverait au chiffre de 33 643 000 *tx*, qui se divise de la manière suivante entre la marine à vapeur et la marine à voiles :

	Nombre.	Tonnage.
Navires à vapeur.	17.671	27.184.000
Navires à voiles	12.182	6.459.000
TOTAL	29.853	33.643.000

Le tonnage moyen ressort environ à 1 540 *tx* pour les navires à vapeur et 538 *tx* pour les navires à voiles.

Si la construction des très grands navires s'est considérablement développée dans ces dernières années, il n'en est pas moins vrai que la plus grande partie du trafic marchand du monde est encore effectuée par des navires de tonnage modéré. Ainsi le nombre total des navires de plus de 10 000 *tx* à flot n'est que de 89. Le tableau suivant indique le nombre et la répartition des navires de plus de 5 000 *tx*.

Pavillon	6 000 à 7 000 *tx*	7 000 à 10 000 *tx*	Plus de 10 000 *tx*
Britannique.	366	119	48
Allemand.	59	15	26
Américain.	34	7	7
Français	30	4	2
Hollandais	6	1	4
Russe.	10	2	—
Austro-Hongrois.	4	1	—
Japonais	16	—	—
Espagnol	3	—	—
Danois	—	1	2

Le tableau suivant donne le tonnage des principales nations du monde :

Pavillon.	Tonnage.	Pavillon.	Tonnage.
	tx		tx
1 Britannique . .	16.006.374	11 Hollandais	658.845
2 Américain. . .	3.611.956	12 Danois	581.247
3 Allemand . . .	3.283.247	13 Austro-Hongrois. .	578 697
4 Norvégien . . .	1.653.740	14 Grec	378.199
5 Français. . . .	1.622.016	15 Belge.	157.047
6 Italien.	1.180.335	16 Brésilien	155.086
7 Russe.	809.648	17 Turc	154.494
8 Espagnol . . .	764.447	18 Chilien.	103.758
9 Japonais. . . .	726.818	19 Portugais.	101.304
10 Suédois	721.116	20 Argentin	95.780

On peut trouver surprenant que le pavillon américain vienne en seconde ligne pour le tonnage, mais il ne faut pas perdre de vue que ce tonnage est représenté dans sa plus grande partie par la navigation le long des côtes et celle des Grands Lacs.

Nous avons reproduit cette statistique d'un numéro tout récent de l'*Engineering News*; il est à regretter que la date à laquelle ont été établis ces relevés ne soit pas indiquée.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JUILLET 1903 (1).

Séance générale du 26 juin 1903. — Discours, prix et médailles.

Rapport de M. BARBET sur **un mécanisme de commande d'outils mobiles**, présenté par M. FROMHOLT.

Ce mécanisme répond au cas suivant : lorsqu'une pièce est lourde et difficile à transporter, comme, par exemple, une chaudière ou un bloc de pierre, on a souvent intérêt à ne pas la déplacer et à apporter près d'elle l'outil qui doit servir à la travailler. C'est pour cet objet qu'ont été imaginées les riveuses portatives, les flexibles, etc. M. Fromholt a établi pour le même but un type de transmission par câbles recevant le mouvement d'une poulie montée sur un arbre et pouvant se déplacer dans un rayon assez étendu, de manière à atteindre dans leurs diverses parties les pièces posées sur des voies ferrées voisines.

L'ensemble comporte un bâti qui a la disposition générale d'une grue dont la volée porte à son extrémité le porte-outil qui peut ainsi être projeté à des distances et dans des directions variables à volonté. Les câbles relient ce porte-outil à la poulie de commande, quelle que soit la position de la volée. Ce dispositif paraît devoir rendre de réels services.

Rapport de M. ED. SIMON, sur **les produits en aluminium** destinés aux industries textiles et fabriqués par M. E. DU PASQUIER, à Lyon.

Ces produits sont destinés à remplacer les bobines, roquets, canettes, etc., dont le bois constitue habituellement la matière première, et qu'il y aurait intérêt à faire en une matière légère et durable telle que l'aluminium. Cette substitution paraît avoir déjà passé dans la pratique sur une échelle assez importante.

Rapport de M. ED. SAUVAGE, sur **le système international de filetages** pour vis mécanique et ses applications en France.

Cette note donne d'intéressants renseignements sur l'extension qu'a prise, en France, le système international de filetages qui s'est assez généralement substitué au système français; la marine, les chemins de fer et plusieurs maisons de construction des plus importantes en font usage.

(1) Par erreur, le compte rendu du fascicule d'août a été donné au lieu de celui-ci dans le Bulletin d'août.

Rapport de M. RAYMOND, sur **le modèle de pince pour piles et moteurs électriques**, dite Borne-pince universelle H. R. de M. REDDE.

Dans ce modèle, c'est toujours une vis qui produit les contacts, mais, au lieu d'agir directement, elle opère par un bras de levier sur une surface plus grande, ce qui est d'un usage plus sûr et plus commode.

Le Transvaal et son avenir, par M. RAPHAEL-GEORGES LÉVY.

Cette note débute par un historique de la découverte et de l'exploitation de l'or au Transvaal et décrit ensuite les méthodes d'extraction avec des considérations très développées sur le côté financier et économique. L'auteur termine par un aperçu sur la Compagnie de Beers qui a centralisé dans ses mains la majeure partie des claims diamantifères du continent africain.

Unification des profils et des spécifications techniques, par M. BERNHEIM, Ingénieur des Mines.

Cette note donne d'utiles renseignements sur le Comité créé à l'instigation des grands Instituts techniques anglais, pour étudier l'unification des profils des fers, des essais de matériaux, des types de matériel de chemin de fer, etc.

Note sommaire sur **le répertoire bibliographique universel**, basé sur la classification décimale.

Notes de mécanique. — Nous signalerons dans ces notes la description des condenseurs de la station de la New York Rapid Transit Company, celle du dynamomètre compteur Taylor pour l'essai des ventilateurs, une note sur les machines à mouler à la main, d'après M. Stupakoff, une sur les pompes centrifuges à haute pression, sur les surchauffeurs Watkinson et sur les perfectionnements récents apportés à la construction des turbines.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

1er trimestre de 1903.

Neuvième Congrès international de Navigation, tenu à Dusseldorf en 1902. — Rapport des délégués français sur les travaux du Congrès.

Cette partie débute par un préambule de M. Quinette de Rochemont, Président de la délégation française et contient les rapports sur six questions, dont trois relatives à la navigation intérieure savoir : moyens de racheter les différences de niveau, droits de navigation et réduction de valeur des combustibles par suite du transport par bateau, et trois rela-

tives à la navigation maritime savoir : frais d'installation et d'entretien des portes d'écluse en bois et en fer, transport par chalands maritimes et installation de docks. Il est bon de dire que ce dernier titre assez vague s'applique uniquement aux appareils de mise à sec des navires.

Des éléments constitutifs d'une voie navigable, considérés au point de vue de sa capacité de fréquentation et de l'utilisation du matériel de batellerie, par M. Gustave Cadart et L. Barbet, Ingénieurs en chef des Ponts et Chaussées.

Les auteurs ont eu pour objet, dans le mémoire dont le titre précède, d'étudier les éléments constitutifs d'une voie navigable au double point de vue de leur influence sur la capacité de fréquentation et de celle qu'ils exercent directement sur les arrêts subis par les bateaux qui y circulent. Il ressort de cette étude les conditions auxquelles doivent satisfaire les longueurs des biefs ou sections de biefs pour que les arrêts soient réduits dans la mesure du possible.

La note, très développée, se termine par des conclusions intéressantes au point de vue pratique, mais que leur longueur ne nous permet pas de reproduire ici.

Note sur le **calcul graphique des ponts en arc à triple articulation**, par la méthode des lignes d'influence, par M. Jacquier, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

On sait que les ponts en arc à triple articulation présentent, entre autres avantages, celui très réel que leurs conditions de résistance peuvent être déterminées avec une approximation beaucoup plus grande que pour les autres systèmes. L'emploi des lignes d'influence permet de réduire considérablement la longueur des calculs d'établissement de ces ouvrages.

Nous rappellerons qu'on appelle ligne d'influence une courbe dont les ordonnées représentent l'effort produit, dans une section déterminée, par un poids dont l'abcisse est la même que celle du point de la courbe.

On peut considérer cet effet à des points de vue différents, par exemple au point de vue du mouvement fléchissant, de l'effort normal, de l'effort tranchant, du travail de compression ou de tension, de la déformation, etc. Il y a naturellement autant de lignes d'influence que d'effets différents. Mais, dans un arc, il importe surtout de considérer l'effet des mouvements fléchissants et des efforts normaux. La note étudie donc les lignes d'influence dans un de ces cas d'abord, puis les lignes d'influence pour la déformation ; elle fait ensuite l'application de ces lignes au calcul du pont Alexandre III. en faisant ressortir la presque parfaite concordance des résultats obtenus par cette méthode et par la méthode ordinaire.

Des gares de raccordement entre chemins de fer et voies navigables, sur les canaux de Roanne à Digoin, latéral à la Loire et du Nivernais, par M. Mazoyer, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées. Ces gares de raccordement sont au nombre de cinq ; le travail dont nous nous occupons donne, pour chacune, la description de leur disposition, leur mode de service, les règlements qui en régissent l'exploitation, etc. Ces gares donnent toute satisfaction et on doit désirer les voir

se multiplier; on peut recommander dans ce but le précédent déjà admis à Roanne, c'est-à-dire l'infrastructure de la gare exécutée par les soins et aux frais du service de la navigation, et la superstructure exécutée sous le contrôle des ingénieurs du port par les soins de la Compagnie concessionnaire du chemin de fer dans les conditions habituelles de ses travaux de construction.

Mémoire sur la reconstruction du pont de Frans, par M. G. Canat, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Le pont de Frans reliant la ville de Villefranche à la rive gauche de la Saône était un pont suspendu de 161 *m* de portée. La construction projetée de deux réseaux de chemin de fer à voie étroite nécessite son remremplacement par un pont fixe capable de donner passage aux trains, en dehors de la circulation ordinaire.

Le type adopté a été un pont à trois travées, une centrale de 70 *m* et deux de rives de 45,86 *m* chacune. Les piles ont dû être foncées à l'air comprimé dans du gravier sablonneux, sous des profondeurs d'eau de 11 *m*, ce qui a donné lieu à certaines difficultés. Le tablier est du type cantilever. Les poutres ont été montées à terre et mises en place par flottage. La partie métallique a été exécutée par la Société des Forges de Franche-Comté. L'ouvrage a été livré à la circulation en août 1902.

Bulletin des accidents d'appareils à vapeur, survenus pendant l'année 1901.

Cette note a déjà paru dans les *Annales des Mines* et nous en avons parlé dans le comptes rendus du Bulletin d'avril 1903, p. 630.

Établissement du touage mécanique au canal du Nivernais, par M. Mazoyer, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

L'auteur a, dans une note précédente (Bulletin d'Octobre 1902, p. 599) donné les conditions d'établissement du touage dans le bief de partage du canal du Nivernais et décrit le matériel employé. Il donne ici des renseignements sur les résultats obtenus pendant la première année d'exploitation officielle et sur les dépenses de service. Le touage a fait passer 762 bateaux chargés ensemble de 55 355 *t* et 357 bateaux vides, ensemble 1 119 bateaux. La dépense totale s'est élevée à 3 590 *f* pour l'essence servant de combustible et à 1 000 *f* pour frais divers, total 4 590 *f*, ce qui donne 0,085 *f* par tonne transportée et 0,022 *f* par tonne kilométrique.

La dépense en essence par cheval-heure est de 0,26 *f* en comptant l'essence 0,50 *f* le litre.

La recette totale s'est élevée à 2 717 *f*, ce qui donne un déficit de 1 873 *f*, mais l'avantage du touage est de supprimer la sujétion spéciale du halage à bras d'homme, sujétion surannée, pénible pour les mariniers, éloignant la circulation de cette partie du canal et empêchant le développement du trafic.

ANNALES DES MINES

4e livraison de 1903.

Représentation graphique des enclenchements pour l'étude d'un poste enclenché, par M. Gruet, contrôleur principal des Mines.

La méthode proposée est une modification de celle de M. l'Inspecteur général Massieu, modification basée sur l'adoption d'un mode de représentation graphique faisant ressortir les relations entre leviers, au lieu de la rotation conventionnelle employée précédemment.

Les charbons gras de la Pensylvanie et de la Virginie occidentale. — Notes de voyage par M. Ch. E. Heurteau, élève-Ingénieur des Mines.

Cette note, très développée, donne la description générale des bassins houillers de la Pensylvanie et de la Virginie occidentale, avec des aperçus sur la géologie de ces terrains et en étudie l'exploitation. On y trouve des détails très intéressants sur l'abatage, l'emploi du havage mécanique, le roulage, l'extraction, les installations extérieures, etc. L'auteur termine par le transport du charbon par chemin de fer, le chargement en bateau et examine la question si grave des conditions d'importation du charbon gras américain en France. Il constate qu'en fait, l'exportation ne s'est pas développée et a, au contraire, diminué depuis 1901. Certes, l'exportation des charbons gras américains en Europe et particulièrement en France, reste théoriquement possible, mais il faut pour cela qu'il se produise certaines conditions, entre autres une élévation très notable du prix des charbons anglais.

5e livraison de 1903.

Note sur **les principaux appareils destinés à prévenir l'envoi des cages aux molettes** et leurs chocs contre les taquets du fond, par M. H. Kuss, Ingénieur en chef des Mines.

Cette note contient la description avec figures d'un grand nombre d'appareils rentrant dans les deux catégories suivantes : Évite-molettes de position et évite-molettes modérateurs, et se termine par des observations générales sur la marche des cages avec extraction par câbles plats.

6e livraison de 1903.

Notice sur **la consolidation des anciennes carrières,** sous le tracé des lignes métropolitaines dans l'enceinte de Paris, par MM. Wickersheimer, Ingénieur en chef des Mines et Weiss, Ingénieur des Mines.

Les auteurs, après un coup d'œil sommaire sur la géologie du sous-sol parisien, donnent la description des consolidations des lignes métro-

politaines qu'on a effectuées par diverses méthodes suivant les cas qui se sont présentés et qui se divisent en deux, selon que le ciel de carrière est en bon état ou qu'il est effondré ou disloqué. Dans le premier cas, on soutient le ciel par des piliers en maçonnerie, dans le second, on circonscrit la partie éboulée par un anneau en maçonnerie qui suffit, en général, pour arrêter les progrès de la dislocation, ou bien on fonce des puits qu'on remplit de béton et qu'on relie par des arcs formant une sorte de viaduc sur lequel on fait reposer les pieds-droits et même le radier du tunnel.

Pour la circulaire sud du Métropolitain, les travaux de consolidation ont coûté 1 858 000 *f*, ce qui donne 41,20 *f* tout compris par mètre cube de maçonnerie (meulière et béton) mise en place. Commencés en juin 1901, les travaux ont été terminés en juin 1902.

Note sur **l'explosion d'un récipient de vapeur** par M. H. Kuss, Ingénieur en chef des Mines.

Cette explosion, survenue le 21 octobre 1902, à Seclin, s'est produite sur un récipient destiné à la vaporisation de la vinasse, en causant la mort d'une personne, notre Collègue, M. Horsin-Déon, et en blessant plusieurs autres. Une glace de regard s'est brisée par l'échauffement et l'ouverture a donné passage à un jet de liquide brûlant.

Des recherches permettent d'affirmer que l'accident a eu pour cause première l'influence des variations de température sur la glace en verre. Il semble que ces glaces ne devraient être mises en service qu'après avoir subi des épreuves spéciales à chaud et dans des conditions analogues à celles de leur emploi définitif. C'est là une question qui doit à juste titre appeler l'attention des Ingénieurs et des constructeurs.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Septembre-Octobre 1903.

District de Saint-Étienne.

Réunion du 1er août 1903.

Communication de M. de Charentenay sur **les installations électriques des mines de La Mure.**

La Compagnie des Mines de La Mure a étudié, dès 1899, une distribution d'énergie électrique ayant pour objet : 1° de remplacer par des moteurs électriques un certain nombre de moteurs à vapeur disséminés sur divers points de son exploitation; 2° de réaliser, dans les travaux souterrains dépourvus de grisou, les applications pour lesquelles l'électricité fournit une solution simple; 3° de fournir l'énergie électrique aux nouveaux ateliers en cours d'exécution et 4° de subvenir à l'éclairage de ses diverses places et ateliers.

Le courant est fourni par deux Sociétés d'électricité et distribué sous forme de courant triphasé : à l'extérieur à 500 volts 50 périodes, à l'intérieur 185 volts seulement, pour assurer la sécurité du personnel et diminuer les risques d'incendie.

La note décrit des treuils et une locomotive munis de moteurs à courant triphasé. La locomotive, du type Ganz, pèse 5 *t* et peut remorquer 22 *t* (son poids compris) sur 15,5 0/00 à 15 *km* à l'heure. Le courant arrive par un conducteur aérien en cuivre rouge durci. La voie, à l'écartement de 0,785 *m* est en rails de 14 *kg*.

Communication de M. François Blanc, sur **l'application des pompes centrifuges au classement des charbons et des minerais.**

L'emploi, désirable pour la facilité du réglage, de la force centrifuge pour le classement des minerais et charbons, présente de sérieuses difficultés, parce qu'il est très malaisé de donner au liquide contenant les matières à classer en suspension un mouvement de rotation exempt de mouvements tourbillonnaires susceptibles d'entraver la marche générale du classement. La note indique comment on est parvenu à vaincre cette difficulté par l'emploi de guides pour les courants liquides tournants.

District de Bourgogne.

Réunion du 29 mars 1903, à Montchanin.

Programme proposé pour l'étude des câbles d'extraction, élaboré par la Commission nommée par le district de Bourgogne.

Note sur un **nouveau procédé de remblayage par les schlamms** dans les houillères de la Haute-Silésie (extraits du *Stahl und Eisen).*

Réunion du 19 juillet 1903, à La Machine.

Communication de M. Bouvier sur le **fonçage du puits Schneider.**

Le puits Schneider est un puits d'exploitation devant servir successivement les niveaux de 500 et 700 *m*. On a dû, pour réparer le temps perdu en investigations sur l'utilité du siège à créer, recourir à un mode de fonçage rapide.

Le principe, connu d'ailleurs, consiste à foncer et à murailler simultanément par reprises d'une douzaine de mètres. Ce système permet de compter sur un mouvement de 18 à 20 *m* par mois. La note entre dans des détails circonstanciés sur l'organisation du travail dans le fonçage de ce puits.

Cette communication est suivie de la visite de l'installation d'air comprimé alimentant les outils de la mine. Cette installation comprend une machine Corliss à cylindre de 0,750 × 1,400 *m*, actionnant un compresseur de 0,65 *m* de diamètre et même course que le cylindre à vapeur.

L'air a une pression de 5 *kg* aux réservoirs. Les outils mis en œuvre par cet air sont : une pompe Worthington, deux pompes Tangye, huit treuils et treize ventilateurs.

La machine motrice est munie d'un appareil qui règle automatiquement la vitesse suivant le débit des outils de la mine.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 29. — *18 juillet 1903.*

Le vapeur du lac de Constance *Stadt Meersburg*, par Courtin.

Les installations électriques de Gersthofen-sur-le-Lech, construites par la Société d'électricité par actions, précédemment W. Lahmeyer et C^ie^. à Francfort, par K. Meyer.

Travaux techniques de l'Association de surveillance bavaroise pour les appareils à vapeur, par J. Reischle et Ch. Éberlé.

Presse-étoupes Schwabe, par J. Finkel.

Groupe de Hambourg. — La question des prix de revient dans les fabriques.

Groupe de Cologne. — Distinction entre les patentes et les marques de fabrique.

Revue. — Musée d'ouvrages de maîtrise relatifs aux sciences et à l'industrie. — Mise en train auxiliaire pour machines-outils.

N° 30. — *25 juillet 1903.*

Usine à gaz de Mariendorf, près Berlin, par E. Körting.

Résultats scientifiques de la station d'essais frigorifiques de Munich, par C. Linde.

Voyage d'études aux États-Unis d'Amérique, par P. Möller.

Coefficient de frottement entre le bois et le fer, par L. Klein.

Groupe de Dresde. — Expériences de recette sur la machine à vapeur surchauffée des installations d'électricité de Plauen, près Dresde.

Groupe de Carlsruhe. — Analyse automatique des gaz de la combustion.

Revue. — Disposition de sûreté pour cisailles à tôle.

N° 31. — *1^er^ août 1903.*

Le paquebot à deux hélices *Kaiser Wilhelm II*, construit par les chantiers du Vulcan, à Stettin, par W. Kaemmerer.

Exposition de Düsseldorf. — Machines de l'industrie textile, par G. Rohn *(suite)*.

Machine à forer et à fraiser pour le travail des pièces à chaud, par J. Strauss.

Les installations électriques de Gersthofen-sur-le-Lech, construites par la Société d'électricité par actions, précédemment W. Lahmeyer et C^ie^, à Francfort, par K. Meyer *(suite)*.

Groupe de Chemnitz. — Emploi de l'électricité dans l'exploitation des Mines.

Groupe de Schleswig-Holstein. — La turbine à vapeur Brown-Boveri Parsons comme machine fixe et comme machine de navigation.

Revue. — Turbine à vapeur Curtis. — La corrosion des métaux dans l'eau de mer.

N° 32. — *8 août 1903.*

Voyage d'études aux États-Unis d'Amérique, par P. Möller.

Le paquebot à deux hélices *Kaiser Wilhelm II*, construit par les chantiers du Vulcan, à Stettin, par W. Kaemmerer *(fin)*.

Les installations électriques de Gersthofen-sur-le-Lech, construites par la Société d'électricité par actions, précédemment W. Lahmeyer et Cie, à Francfort, par K. Meyer *(fin)*.

Exposition de Düsseldorf. — La métallurgie, par Fr. Frölich *(suite)*.

Groupe de Hambourg. — Causes et prévention des corrosions dans les chaudières marines.

Bibliographie. — Manuel de la filature et du tissage du coton, par O. Johannsen.

Revue. — Usine métallurgique de Gurjewsk appartenant au gouvernement russe. — Remorqueur avec moteur à vapeur surchauffée sur le Rhin.

N° 33. — *15 août 1903.*

L'ère des machines dans ses rspports avec les conditions sociales de l'humanité, par G. Schmoller.

Tuyautage de vapeur à haute pression à l'Exposition de Düsseldorf, par W. Stahl.

Voyage d'études aux États-Unis, par P. Möller.

Exposition de Düsseldorf. — Les chemins de fer et les moyens de transport, par M. Buhle *(suite)*.

Propriétés physiques des métaux au point de vue des classifications établies par Van der Waals, par J. Traube.

Groupe de Bochum. — Nouveaux gaz pour chauffage, éclairage et force.

Groupe de Hanovre. — Sécurité des passages en dessus dans les chemins de fer.

Bibliographie. — Éléments de machines, par C. Bach.

Revue. — Installations frigorifiques du vapeur *Grosser Kurfürst.* — Système de refroidissement des tuyères de haut fourneau de Fortes.

N° 34. — *22 août 1903.*

Les nouveaux ateliers de Nuremberg de la Société des fabriques de machines d'Augsbourg et de Nuremberg.

Le système des primes dans la question des salaires, par R. Schiller.

Voyage d'études aux États-Unis, par P. Möller *(fin)*.

Tuyautage de vapeur à haute pression à l'Exposition de Düsseldorf, par W. Stahl *(fin)*.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Le nouvel institut pour la métallurgie et l'électro-métallurgie à l'École technique supérieure d'Aix-la-Chapelle.

Groupe de Berg. — La navigation aérienne.

Groupe de Hambourg. — Service de protection contre l'incendie.

Groupe de Hanovre. — Indicateur de niveau d'eau.

N° 35. — *29 août 1903.*

Les sciences de l'Ingénieur et la chimie, par W. Ostwald.

Les nouveaux ateliers de Nuremberg de la Société des fabriques de machines d'Augsbourg et de Nuremberg *(suite)*.

Construction de bâtiments commerciaux de grande hauteur aux États-Unis d'Amérique, par Kohfahl.

Forme des fusées des roues de support pour les chemins de fer électriques, par von Borries.

Groupe de la Thuringe moyenne. — Visite d'une papeterie et d'une fabrique de chaines.

Groupe de la Haute-Silésie. — Visite de l'usine métallurgique dite Julienhütte et de la houillère Hohenzollern, à Gleiwitz.

Revue. — Soupape de prise de vapeur de Straab pour machines marines. — Le système métrique aux États-Unis.

N° 36. — *5 septembre 1903.*

Expériences sur une machine tandem de 250 *ch*, construite par Van den Kerchove, à Gand, par MM. Schröder et A. Koob.

Nouveautés dans les grues à commande électrique, par E. Becker.

Exposition de Düsseldorf. — La métallurgie, par Fr. Frölich *(suite)*.

Bibliographie. — Surveillance des chaudières et prévention des accidents, par A. Benetsch. — Les distributions d'eau dans les villes de l'Empire allemand et dans les pays voisins, par E. Grahn.

Revue. — Les installations électriques de Seehausen. — Dixième Assemblée générale des Ingénieurs des Sociétés allemandes de surveillance des chaudières.

N° 37. — *12 septembre 1903.*

Les propriétés optiques et électriques des métaux, par H. Rubens.

Les nouveaux ateliers de Nuremberg de la Société des fabriques de machines d'Augsbourg et de Nuremberg *(fin)*.

Exposition de Düsseldorf. — La métallurgie, par Fr. Frölich *(fin)*.

Groupe de Hambourg. — Une propriété particulière des tôles en métal fondu.

Groupe de Siegen. — Adhérence et pénétration par pression des limailles métalliques. — Action mécanique des muscles.

Bibliographie. — Annuaire des intérêts maritimes de l'Allemagne, par Nauticus. — Leçons sur les moteurs d'automobiles et les applications industrielles de l'alcool au chauffage, à l'éclairage et à la force motrice, par M. L. Marchis. — Aperçu sur la construction des ponts métalliques des chemins de fer de l'Etat prussien.

Revue. — Roue dentée élastique de J. D. Weitzer. — Le vapeur *Minnesota*. — Moteur électrique pour tramway avec coussinets à billes. — La première locomotive construite en Allemagne pour l'Amérique du Nord.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

Ire SECTION

Annuaire Marchal des chemins de fer et des tramways (1).

Cet annuaire qui vient d'être édité dans les premiers jours de novembre 1903, est rédigé d'après les documents officiels les plus récents.

Il contient la nomenclature complète des services et fonctionnaires de tous grades des Compagnies, la liste de tous les chemins de fer de l'Europe et le nom du président du Conseil d'administration ou celui du directeur, l'adresse du siège de chacune de ces Compagnies et la longueur qu'elles exploitent.

Une autre partie est spécialement consacrée aux Compagnies de tramways et chemins de fer sur route. Enfin, une dernière partie s'occupe de la statistique et de la législation des chemins de fer, des lois, décrets et ordonnances qui les régissent depuis 1823.

Il se complète par le code des signaux, les codes du voyageur et de l'expéditeur et une foule d'autres renseignements des plus utiles.

Dictionnaire administratif des Travaux publics, par A. Debauve *(Supplément)* (2).

Ce volume est une mise au courant de l'ouvrage paru en 1892 d'après tous les documents parus depuis cette époque sur la législation, la jurisprudence, et les règlements et instructions ministérielles. Il a semblé à l'auteur qu'il valait mieux procéder ainsi que de faire une édition refondue qui aurait imposé aux anciens souscripteurs une seconde dépense égale à la première.

La facilité des recherches est presque aussi grande, et les dates permettent de savoir quel est le document en vigueur dans un cas considéré.

Exposition industrielle et des beaux-arts à Dusseldorf, 1902 (3) (Industrie Gewerbe ùnd Kùnstausstellùng Dusseldorf, 1902).

Le Comité directeur de cette Exposition a publié en 1903, un compte rendu succinct, mais complet, auquel ont collaboré tous les présidents

(1) Un volume grand in-8° de 1 100 pages, 7 *f.* Vve Dunod, 49, quai des Grands-Augustins, Paris.

(2) In-8°, 250 × 160, de 395 p. — Paris, Vve Ch. Dunod, 1903. Prix : broché, 10 francs.

(3) Grand in-4° de 686 pages avec nombreuses photographies, chez Aug. Bagel, à Dusseldorf. Prix : 15 marks.

de groupe, la rédaction ayant été confiée à M. G. Stoffers, chargé du service de la presse et de l'organisation de la publicité, avant et pendant la durée de l'Exposition.

Le brillant résultat de l'Exposition de Dusseldorf justifiait pleinement la publication de cet intéressant rapport, non seulement au point de vue de l'organisation financière et technique, mais aussi au point de vue esthétique, grâce à la reproduction des principaux pavillons avec leurs architectures variées et parfois fort originales, des vues intérieures des pavillons et halles et des principaux objets qui formaient, pour ainsi dire, les clous de cette jolie exposition des bords du Rhin que n'oublieront pas certainement ceux qui ont eu le loisir de la visiter.

La publication du Comité a surtout une valeur durable en ce sens qu'elle fournit de nombreux détails administratifs, techniques et statistiques, sur l'organisation de toutes les sections, sur la répartition des travaux, sur les canalisations, l'eau et le gaz, sur les installations mécaniques et électriques, sur les moyens de transport, les tarifs, les marchandises et les voyageurs transportés, sur les constructions diverses, sur les questions juridiques même qui se sont présentées à plusieurs reprises, etc., aussi l'étude de ce volume sera-t-elle d'une utilité incontestable à toute personne pouvant être appelée à prendre part d'une façon quelconque à l'organisation et à la gestion d'une exposition.

Le volume richement illustré comprend trois chapitres bien distincts, savoir :

I. Origines, organisation et résultats de l'Exposition dans ses diverses sections (pages 1 à 294);

II. Description de l'Exposition proprement dite avec détails sur chaque groupe (pages 1 à 337);

III. Description de l'Exposition nationale des Beaux-Arts annexée à l'Exposition industrielle (pages 339 à 392).

Dans le premier chapitre nous trouvons, entre autres données, la répartition des visiteurs et des recettes, avec une moyenne quotidienne de 29 446 visiteurs et 18 866 marks, les quantités et les prix de la bière, des vins et des spiritueux consommés dans l'enceinte de l'Exposition (224 128 bouteilles de vin et 28 283,7 *hl* de bières diverses), des reproductions des divers imprimés usités, tels que timbres, affiches, carnets pour les divers services, etc., les résultats de la loterie, la liste des jurys et des récompenses accordées, avec reproduction des diplômes et des médailles, enfin, des détails et des explications relativement au bilan de l'Exposition qui a clôturé avec un bénéfice net de 1 400 000 marks pour une recette totale d'un peu plus de 10 millions de marks.

Il ne faut pas oublier de faire ressortir ici les sacrifices faits par les grandes industries rhéno-westphaliennes, qui ont pris en considération la réussite de cette exposition à un point de vue patriotique, plutôt que leurs propres intérêts financiers.

Le second chapitre insiste surtout sur les groupes des mines, de la métallurgie et de la mécanique; de nombreuses vues nous rappellent d'une manière frappante les groupements de machines et d'outillages devant lesquels nous nous sommes si souvent arrêtés.

Des articles spéciaux sont réservés aux exposants qui avaient installé les principaux pavillons, savoir : Krupp, Hœrde, Bochumer Verein, Ehrhardt, Gütehoffnungshuette, Goldschmidt, usines Buderus et Hochfeld.

Dans le chapitre de la mécanique, on trouve toutes les données relatives aux chaudières, à la force motrice et à la condensation, aux moteurs à gaz et aux gazogènes, aux machines-outils et appareils de levage, aux moteurs électriques, etc.

L'exposition des moyens de transport (voies, wagons, locomotives) est reproduite d'une façon très instructive et comprend aussi l'automobilisme, les voies aériennes, etc.

Nous ne mentionnerons qu'en passant les chapitres relatifs aux industries chimiques dont le développement a été si important en Allemagne, à la céramique, à l'industrie de l'ameublement avec vues d'intérieurs en styles modernes variés, à l'industrie textile et à l'art des constructions comprenant entre autres les installations des fabricants de ciment et béton syndiqués.

Citons encore les chapitres de l'instruction et de l'hygiène publiques, et celui traitant des industries artistiques.

Des annexes des plus instructives comprennent :

a) Deux plans généraux de l'Exposition avec conduites de gaz et d'eau et canalisations d'une part, et avec réseau des câbles pour transport de force et éclairage d'autre part;

b) Un plan détaillé de la halle des machines, avec chaudières et canalisations;

c) Deux tableaux graphiques de la répartition des courants électriques et du travail fourni par la station centrale;

d) Enfin quatre cartes indiquant les progrès faits de 1870 à 1900 au point de vue de l'alimentation d'eau, de la canalisation, des bains publics et des abattoirs dans toutes les villes des provinces du Rhin et de la Westphalie.

Le troisième chapitre donne une description de l'Exposition nationale des Beaux-Arts, avec reproductions artistiques de quelques-uns des principaux tableaux, sculptures et antiquités religieuses, réunis dans le palais des Beaux-Arts, et n'est pas des moins intéressants.

En tous cas, si la lecture de ce volume écrit en langue allemande n'est pas accessible à tous, on pourra toujours y trouver quelques renseignements utiles et prendre plaisir à le feuilleter, s'arrêtant aux charmantes vues photographiques que l'on rencontre à chaque page, et qui rappellent d'une façon si saisissante cette manifestation remarquable et pour ainsi dire révélatrice de l'industrie rhéno-westphalienne, qu'a été l'exposition de Dusseldorf en 1902.

A. Gouvy.

La Seine maritime, par L. Sekutowicz (1).

L'auteur a été guidé, dans son étude, par la similitude des situations entre Hambourg et Rouen et il démontre que, grâce à cette similitude, le rôle de Rouen par rapport à la Seine et à Paris doit être identique à celui de Hambourg par rapport à l'Elbe et à Berlin.

L'Elbe dessert Berlin, mais la Seine dessert Paris plus directement encore et sans concurrence possible. Il est certain qu'une des causes du rapide développement de Hambourg est l'heureuse influence exercée par son administration autonome, dont jouit encore cette ville hanséatique, incorporée mais non absorbée par le nouvel Empire Allemand. D'un autre côté l'Allemagne s'est attachée à ne point opposer à Hambourg d'autres ports importants, en vue de lui donner le plus d'activité et d'importance possibles, pour faciliter la concurrence en abaissant le prix du fret et des manutentions.

Le port de Rouen aurait dû recevoir un développement entièrement comparable à celui de Hambourg. Mais parmi tous les facteurs nécessaires à cet essor, l'aptitude du fleuve à la grande navigation a fait défaut à la Seine jusqu'en 1860. Les travaux exécutés de 1850 à 1870 ont ouvert, depuis vingt ans, à presque tous les navires, l'accès de Rouen. Les travaux d'amélioration effectués au cours de ces cinq dernières années vont permettre à l'ensemble créé de produire son plein effet. Dans ces conditions l'auteur a voulu rassembler tous les éléments des études qui ont été faites sur la Seine maritime ainsi que les résultats obtenus au point de vue économique. Il a aussi voulu rechercher les mesures à prendre pour ménager l'avenir.

En comparant l'activité de Rouen à celle de Hambourg, il est nécessaire de noter que ce dernier port est *port franc* et ne dépend que d'un Sénat souverain, tandis que celui de Rouen est soumis à la centralisation administrative qui domine en France.

Pour le cas où le lecteur aurait à remonter aux documents originaux cités au cours de l'ouvrage, l'auteur a rassemblé, sous forme d'annexe, les principaux d'entre eux.

La publication de cette étude est due à la libéralité de la Chambre de Commerce de Rouen.

H. Laurain.

IIe SECTION

Étude de la locomotive. — Mécanisme, châssis, types de machines (2), par E. Deharme et A. Pulin.

Nous sommes heureux de présenter, aujourd'hui, à nos Collègues, le troisième et dernier volume de l'Étude de la locomotive, de MM. De-

(1) Un volume in-8° 240 × 155 de 143 pages, avec 56 fig. et 2 planches hors texte. — Paris, Publications du journal *Le Génie Civil*, 6, rue de la Chaussée-d'Antin, 1903. — Prix : 5 francs.

(2) In-8°, 255 × 165 de 712 p. avec atlas 325-255 de 18 pl. Paris, Gauthier-Villars, 1903. Prix : broché, 25 francs.

harme et Pulin, en leur rappelant que nous leur avons présenté le premier volume : Matériel roulant, résistance des trains et traction, dans le *Bulletin* de février 1895 et le second volume « la Chaudière » dans le volume 1 de 1900, page 331 A. Ce troisième volume termine un ouvrage qui peut compter au nombre des plus importants et des plus complets qui aient été écrits sur le sujet de la Locomotive.

Cette partie, comme l'indique le sous-titre inscrit en tête de cette note, a pour objet l'étude de la locomotive comme machine à vapeur et comme véhicule; nous allons passer rapidement en revue, comme nous l'avons fait pour les précédents, les sujets traités dans les sept chapitres que contient ce volume.

Le chapitre premier est consacré à la distribution de la vapeur, cette partie essentielle de la machine à vapeur que Belidor a, le premier, assimilée, il y a cent cinquante ans, à la circulation dans le corps des animaux, aux divers appareils par lesquels on l'effectue, et à la double expansion dont l'importance n'est plus discutée aujourd'hui.

Le chapitre II traite du mécanisme de propulsion; on y trouve exposées des considérations très développées sur la position des cylindres, leur disposition et celle des pièces du mécanisme et les arrangements propres à en assurer la bonne marche, par exemple, le graissage.

Au chapitre III nous trouvons la question si importante de la stabilité des locomotives, comprenant la répartition de la charge sur les essieux, l'équilibrage des masses en mouvement, les contrepoids destinés à réduire les perturbations, etc.

Le chapitre IV s'occupe du châssis et de ses accessoires, des trains de roues, tablier, abri, freins, tender et dispositifs destinés à faciliter le passage dans les courbes qui jouent un très grand rôle dans la locomotive actuelle.

Le chapitre V nous donne la classification des types divers de locomotives en les divisant en deux groupes comprenant, l'un les machines à simple expansion, l'autre les machines à double expansion. Cette manière de procéder, que les auteurs ont cru devoir adopter, peut se justifier jusqu'à un certain point; néanmoins, elle repose sur la considération des locomotives comme machines à vapeur, ce qui n'est qu'un aspect particulier de la question. Nous avouons sans détour que nous aurions préféré voir établir la classification suivant le nombre des essieux, comme on l'a toujours fait jusqu'ici. Entre autres avantages, ce mode d'opérer n'aurait pas laissé négliger aux auteurs deux types de locomotives, ceux à 5 et 6 essieux accouplés qui, s'ils ne sont que peu ou pas employés en France, se trouvent représentés assez largement : le premier en Autriche et aux États-Unis, et le second en Russie et dans d'autres pays. Comme atténuation de cette légère critique, nous nous félicitons d'avoir vu MM. Deharme et Pulin adopter franchement le mode de représentation par lettres des types de locomotives, mode que nous avions été les premiers et, jusqu'ici, les seuls à employer en France.

Le chapitre VI s'occupe de l'utilisation de la vapeur, du rendement des locomotives et de la détermination des charges. On y trouve exposées des considérations théoriques très saines et des résultats d'expériences pratiques qui les confirment d'une manière très satisfaisante.

Dans le chapitre VII, les auteurs passent en revue les machines de systèmes spéciaux et divers types d'appareils servant à la traction ; ils n'ont pu, naturellement, qu'effleurer ces sujets, de sorte qu'on peut se demander si, au moins pour certains, il n'était pas préférable de les passer entièrement sous silence, ce qu'autorisait parfaitement le cadre de l'ouvrage.

Nous trouvons à la fin, sous forme d'annexes, des notes très importantes sur le calcul des contrepoids, etc., et des modèles de spécifications pour la fourniture des locomotives et tenders et des diverses parties qui entrent dans leur composition.

Cette partie est illustrée par plus de 300 figures et accompagnée d'un atlas contenant 18 grandes planches.

Nous nous faisons un devoir d'indiquer ici que l'un des auteurs, M. Pulin, ayant été, par suite de l'état de sa santé, dans l'impossibilité d'achever la partie de la tâche qui lui incombait, M. P. Guedon, dont nous avons eu occasion de présenter ici même plusieurs ouvrages sur les chemins de fer, les tramways et les locomotives, a donné un utile concours à la terminaison du volume dont nous nous occupons.

A. Mallet.

Les secrets du coup d'ailes *(Essai de construction d'une machine aérienne)*, par F.-C. Pompeïen Péraud (1).

Cet ouvrage comprend trois parties bien différentes comme sujet.

Dans la première partie, on trouve une étude très documentée du vol des oiseaux ; l'auteur rappelle tout ce qui a été écrit et fait avant lui sur cette question, et fait suivre ce résumé d'idées personnelles, résultat d'observations longues et suivies.

Dans la seconde, l'auteur, aéronaute convaincu et militant, fait le récit intéressant d'un certain nombre d'ascensions libres en ballon, sur des modèles perfectionnés inventés par lui.

Enfin, dans la troisième partie, il expose divers projets de machines aériennes, dans lesquelles il a appliqué, d'une manière très intéressante et réellement mécanique, le résultat de ses études tel qu'il l'a présenté dans la première partie.

La sanction de la pratique n'a encore été donnée à ces appareils que par des expériences dans lesquelles il a appliqué les principes de la construction des oiseaux grands volateurs, au moyen d'ingénieuses conceptions mécaniques reproduisant les ailes dans leurs différents mouvements. Ces expériences ont été suffisamment satisfaisantes pour que l'auteur ait les plus grandes espérances dans leur réussite le jour où elles seraient reprises en grand.

(1) In-8°, 280 × 190 de 366 p. avec 25 pl. et 102 fig. Paris, E. Bernard et C^ie^, 1903. Prix : broché, 10 francs.

III[e] SECTION

Gisements minéraux *(Stratigraphie et Composition)*, par M. F. Miron *(Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire)* (1).

L'auteur a déjà donné, dans l'*Encyclopédie des Aide-Mémoire*, trois autres petits manuels traitant respectivement des *Huiles minérales*, des *Eaux souterraines* et des *Gisements miniers* ou métallifères (2). Il en poursuit la série par celui-ci, relatif aux *Gisements minéraux*.

Sous cette rubrique, M. Miron place les substances minérales solides qui ne sont ni des Minerais métalliques, ni des Combustibles. Il expose sommairement, mais encore avec les détails les plus essentiels et sous une forme condensée, les connaissances actuelles qui caractérisent leurs gisements. Il donne, pour chacun d'eux, le mode de formation géologique, la stratigraphie, la classe, les espèces minérales utilisables par l'industrie, leur composition, leur géographie et leur bibliographie.

Dans cet ouvrage sont ainsi décrits les gisements des substances suivantes : soufre natif, — pyrites, — nitrates alcalins, — acide borique et borates, — ambre, ozocérite, bitumes et asphaltes, — amblygonite et mica lépidolite, — sel gemme, — natron, — glaubérite, — cryolithe, — carnallite, polyhalite, etc., — giobertite, — fluorine, — calcaires à chaux, à ciment, lithographiques, craie, marbres et gypse, — barytine et célestine, — bauxite, alunite et émeri, — argiles et kaolins, — ardoises, — jayet, graphite et diamant.

C'est donc là un livre de poche suffisamment complet pour le plus grand nombre de lecteurs.

J.-M. Bel.

Monographie de la fabrication industrielle du fer-blanc, par Georgeot. — Chez l'auteur.

Le grand développement pris, pendant ces vingt dernières années, par l'industrie des conserves alimentaires, a provoqué, naturellement, une augmentation correspondante de la consommation du fer-blanc.

En raison du contact direct des produits alimentaires conservés avec les parois internes des boites, l'emploi des matières constituant les boites a dû être réglementé.

Cette réglementation a été provoquée, en France, par une circulaire du ministre de l'Intérieur, en date du 12 août 1889, et elle a été établie par l'ordonnance de police du 23 août de la même année. Cette réglementation devait développer la production du fer-blanc brillant.

En consultant les statistiques des importations en France, on est péniblement surpris de constater l'énorme quantité de fer-blanc que notre pays demande chaque année à l'industrie étrangère, et c'est

(1) In-8°, 190 × 110 de 159 p. Paris, Gauthier-Villars; Masson et C[ie], 1903. Prix : broché, 2 fr. 50.

(2) Voir la Bibliographie de ces ouvrages au Bulletin de la Société, avril et mai 1903.

presque uniquement l'industrie anglaise qui a profité de la création des nouveaux débouchés auxquels nous faisons allusion ci-dessus.

Les seules usines produisant actuellement des fers-blancs français sont : les forges de Montataire, celles d'Hennebont et celles de Châtillon-Commentry. Rien ne s'oppose à ce que ces usines augmentent leur puissance de production, et encore moins à ce que d'autres usines nouvelles installent la fabrication du fer-blanc.

Cette fabrication n'offre rien de particulièrement difficile; elle ne demande qu'une organisation rationnelle et un personnel consciencieux.

M. Georgeot a, par nécessité professionnelle, suivi dans les moindres détails la fabrication du fer-blanc et il a voulu faire profiter l'industrie française des données pratiques et des tours de main sur lesquels il a pu se documenter. L'ouvrage de M. Georgeot est, avant tout, un livre d'atelier dans toute l'acception du mot et, à cet égard, il peut rendre les plus grands services, à ceux qui sont chargés d'organiser le fonctionnement rationnel d'une fabrication de fer-blanc ou de faire un choix entre les différentes méthodes proposées, en vue d'obtenir des produits de nature déterminée, en raison de leurs emplois ultérieurs.

L'auteur a, naturellement, été amené au commencement de son étude, à revenir sur la préparation du métal devant produire les tôles noires destinées à alimenter les étameries. Pour les mêmes raisons, il a été amené, aussi, à traiter les questions de forge et de laminage ayant trait à la fabrication proprement dite des tôles noires, en partant, soit de la boucle de fer puddlé, soit du lingot d'acier fondu. La dernière partie de son étude traite de la production du fer-blanc par l'étamage des tôles noires.

H. Laurain.

Les Progrès de la Sidérurgie allemande : l'Exposition de Dusseldorf en 1902 (1), par Maurice Métayer.

M. Métayer, professeur de métallurgie à l'École Centrale des Arts et Manufactures, vient de publier, sous les auspices du Comité des Forges de France, un ouvrage illustré de planches extrêmement nombreuses, accompagnées d'un texte sommaire et de tableaux statistiques.

Ce livre comprend cinq parties : Généralités; — Progrès accomplis par la Sidérurgie allemande; — Métallurgie de la fonte et de l'acier à l'Exposition de Dusseldorf; — Produits exposés et données statistiques sur les principales usines d'Allemagne; — Conclusion.

L'auteur commence par un bref historique de la métallurgie allemande, et il montre les principaux facteurs du succès que précise l'Exposition de Dusseldorf, malgré la crise actuelle, à savoir : abondance de minerais et de capitaux, influence tutélaire de l'État.

Les tableaux qui suivent présentent, pour les usines à fonte et les aciéries des principales régions de l'Allemagne : le nombre de hauts fourneaux, leur approvisionnement en combustible et minerai, leurs

(1) In-4°, 270 × 210 de 144 p. avec fig. Paris, Comité des Forges de France.

voies d'écoulement. Mention est faite aussi des fonderies et usines à tubes.

Pour la fonte, les progrès accomplis consistent principalement en l'établissement de hauts fourneaux, dont la production peut aller jusqu'à 400 *t* par vingt-quatre heures et dont les types furent inspirés de modèles américains. Des planches donnent les dessins schématiques des principaux de ces hauts fourneaux, des divers appareils de chargement, des parcs à minerai, des machines soufflantes, des cases et accumulateurs, des appareils accessoires, enfin des différents moteurs à gaz (depuis 500 jusqu'à 2 500 *ch*) et d'un ventilateur d'épuration du gaz de haut fourneau.

La fabrication de l'acier, au creuset, sur sole et Bessemer, est décrite dans ses perfectionnements principaux. Les dessins montrent un four Martin d'affinage de 30 *t* et une installation d'aciérie Bessemer.

Les installations électriques de laminoirs, ou plutôt de leurs appareils accessoires, font l'objet d'une étude particulière, accompagnée de planches relatives : aux moteurs à courant continu affectés à ce service, — à des équipements électriques complets — et à des dispositions d'ensemble.

La fabrication des tubes en acier est décrite dans ses grandes lignes, avec des planches sur les procédés Erhardt et Manesmann.

Les produits en acier exposés à Dusseldorf, consistaient surtout en moulages d'acier, tôles et profilés, grandes pièces de forge, canons et blindages. Parmi ces derniers, sont décrits spécialement ceux de l'usine Krupp.

Avant de conclure, M. Métayer termine son ouvrage par un exposé statistique des principaux établissements sidérurgiques allemands : Usines Krupp, — Société des Aciéries et Mines de Hoerde, — Usines de Bochum, — Société « Rheinische Metallwaaren und Maschinenfabrik », — Usines de la Prusse rhénane et de la Westphalie, — Usines Gutchoffmung, etc.

En conclusion, l'auteur signale le double enseignement technique et économique qu'a donné cette Exposition :

Au point de vue technique, elle a marqué, avec celle de Paris de 1900, les progrès réalisés par l'industrie sidérurgique au début de ce siècle, et consistant principalement dans la substitution de l'acier au fer puddlé, dans les aciers spéciaux et dans l'application pratique de la méthode scientifique au traitement thermique des pièces d'acier. Cette application a été réalisée tant dans les usines allemandes que dans les usines françaises. Enfin les aciers laminés et moulés ont permis de construire des machines et des ouvrages d'art de dimensions considérables, et la guerre a utilisé largement les aciers spéciaux.

Au point de vue économique, cette Exposition a montré « l'engouement allemand » pour les entreprises sidérurgiques, à l'imitation des États-Unis, avec des débouchés bien moins croissants. Aussi, l'Allemagne a-t-elle dû souffrir à son tour de la crise européenne actuelle, malgré les efforts considérables qu'elle a faits pour développer ses débouchés, et consistant en canaux et chemins de fer nouveaux, améliorations extrêmement coûteuses à ses ports, comptoirs fondés à l'étranger, primes à l'exportation, etc.

M. Métayer signale ces efforts à l'attention de nos compatriotes, en présence de l'extension nouvelle qu'on a reconnue à nos gisements de minerais de fer, et il exprime, pour notre industrie, les desiderata suivants : abaissement du prix des combustibles et des transports, amélioration de nos ports de commerce, spécialisation de notre fabrication dans la recherche des qualités industrielles des pièces d'acier, par l'application de plus en plus soutenue des recherches scientifiques, qui ont caractérisé jusqu'ici, à un si haut degré, le génie français.

J.-M. Bel.

IVe SECTION

L'année technique (1902-1903) (1), par M. A. Da Cunha.

C'est la troisième année de la publication qu'a entreprise notre Collègue, M. Da Cunha, dans le but de faire connaître les questions techniques qui se sont présentées et les progrès qui ont été réalisés dans les sciences et l'industrie pendant l'année écoulée.

L'auteur traite, dans ce volume, un certain nombre de points qui rentrent dans les classes suivantes :

Locomotion et moyens de transport, production et emploi de la force motrice, travaux publics et architecture, technologie générale, astronomie et cosmographie.

Les sujets traités sont bien choisis et intéressants ; les descriptions claires et accompagnées de figures. Nous ne croyons pouvoir mieux faire l'éloge de l'ouvrage qu'en reproduisant l'appréciation suivante du Président actuel de la Société des Ingénieurs Civils de France, M. P. Bodin, dans une préface qu'il a bien voulu écrire pour ce livre : « l'auteur a réussi à intéresser deux classes de lecteurs : la première, c'est l'Ingénieur qui aime à élargir l'horizon monotone et borné de sa spécialité et que délassent les excursions, hors de son étroite province, dans le grand pays dela science ; la seconde, c'est le profane, qu'une intelligente curiosité pousse vers la science et qui veut en connaître les secrets et les mystères. »

A. M.

Chaux, ciments et mortiers, par Ed. Candlot *(Encyclopédie Léauté)* (2).

Ce petit ouvrage est un résumé des ouvrages plus importants faits sur cette matière par l'auteur ; il contient un chapitre intéressant sur les essais des ciments, chaux, et sables, ainsi que les cahiers des charges qui servent de types aux adjudications.

(1) In-8°, 285 × 135 de VIII-304 p. avec 130 fig. Paris, Gauthier-Villars, 1903. Prix : broché, 3 fr. 50.

(2) In-8°, 190 × 110, de 191 p. avec 51 fig. — Paris, Gauthier-Villars, Masson et Cie. 1903. Prix : broché, 2 fr. 50.

Les Eaux de Paris, Versailles et la Banlieue, par le docteur Ed. Imbeaux, Ingénieur des Ponts et Chaussées, directeur du Service municipal de Nancy (1).

Cet ouvrage est un extrait, pour la région parisienne, de l'Annuaire statistique et descriptif des distributions d'eau de France, Algérie et Tunisie, Belgique, Suisse et Grand-Duché de Luxembourg, dont l'impression est en voie d'achèvement. Il s'adresse aux habitants de la capitale et des régions voisines qui sont soucieux de leur santé et qui désirent s'enquérir de la qualité et de la nature des eaux qui sont mises à leur disposition.

M. Imbeaux a obtenu de M. Bechmann l'autorisation de puiser dans les ouvrages et documents du service des Eaux et de l'Assainissement de la Ville de Paris; il a obtenu la même autorisation de M. Moron en ce qui concerne la région de Versailles. Il en résulte que les renseignements fournis par l'ouvrage de M. Imbeaux ont, en quelque sorte, un caractère officiel.

A ce titre il pourra, en particulier, être consulté avec profit, par tous ceux de nos Collègues qui se préoccupent des questions d'hygiène publique et d'édilité.

H. Laurain.

Les matériaux artificiels, par M. A. Morel *(Encyclopédie Léauté)* (2).

Ce petit aide-mémoire renferme d'utiles données sur les matériaux semi-artificiels (bitumes, ciments, plâtre, briques, carreaux, métaux), sur les matériaux artificiels dépendant de la chimie industrielle (verres, céramique, matériaux réfractaires), sur les matériaux artificiels associés à l'aide d'armatures (ciment et autres matériaux armés), sur les mortiers, bétons, pierres artificielles, carton-pierre, et enfin sur les enduits et matériaux divers employés dans la construction.

Ve SECTION

Distribution de l'énergie par courants polyphasés (3), par J. Rodet, Ingénieur des Arts et Manufactures. — Un volume, Gauthier-Villars, 1903.

L'ouvrage de M. J. Rodet est divisé en neuf chapitres :

Chapitre I. — Historique — Principes généraux;

— II. — Production des courants polyphasés;

(1) Un volume in-8° 235 × 150 de xvii-138 pages et 4 planches et cartes. — Ve Ch. Dunod, éditeur, quai des Grands-Augustins, 49. — Prix : 3 fr. 50.

(2) In-8°, 190 × 110 de 179 pages. Paris, Gauthier-Villars, Masson et Cie, 1903. Prix : broché, 2 fr. 50.

(3) In-8°, 230 × 140 de ix-561 p. avec 273 fig. Paris, Gauthier-Villars, 1903. — 2e édition. Prix : broché 15 *f.*

Chapitre III. — Canalisation des courants polyphasés;
— IV. — Transformation des courants polyphasés;
— V. — Conversion des courants polyphasés en courant continu et réciproquement;
— VI. — Moteurs à courant polyphasé ou à champ tournant;
— VII. — Compteurs d'énergie électrique pour courants polyphasés;
— VIII. — Application des courants polyphasés à la traction;
— IX. — Description d'installations pour le transport et la distribution d'énergie électrique par courants polyphasés.

Cette nomenclature montre que la théorie et l'application des systèmes polyphasés sont traitées d'une manière assez complète en ce qui concerne leurs généralités. La matière sur ce sujet est aujourd'hui si abondante qu'il eût fallu au moins un volume par chapitre pour en contenir l'exposé détaillé.

L'ouvrage en question ne peut donc être qu'un traité général où l'auteur a résumé avec méthode et clarté les principes, démonstrations et données dont la connaissance est indispensable à tout Ingénieur qui se propose de construire ou même simplement d'employer du matériel à courants polyphasés.

La partie analytique, qui joue naturellement un rôle prépondérant dans l'étude du courant alternatif, a été simplifiée autant que possible: c'est un des mérites de l'auteur que d'en avoir facilité la lecture.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 19632-10-03. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

NOVEMBRE 1903

N° 11.

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de novembre 1903, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Astronomie et Météorologie.

Publications of the Earthquake Investigation Committee in foreign Languages. N° 14. Tokyō 1903 (in-8°, 255 × 180 de 73 p. avec XXVII pl. et 59 fig.). Tokyō, 1903. 42924

Chemins de fer et Tramways.

Annuaire Marchal des chemins de fer et des tramways. Publication officielle, 1903, 18e année (in-8°, 250 × 165 de XVII-1167 p.). Paris, Vve Ch. Dunod. 42932

DEHARME (E.) et PULIN (A.). — *Chemins de fer. Étude de la locomotive. Mécanisme, châssis, types de machines*, par E. Deharme et A. Pulin (Encyclopédie industrielle fondée par M.-C. Lechalas) (in-8°, 255 × 165 de 712 p. avec atlas 325 × 255 de 18 pl.). Paris, Gauthier-Villars, 1903 (Don de M. E. Deharme, M. de la S., de la part des auteurs). 42928 et 42929

GALLON. — *Machines et inventions approuvées par l'Académie Royale des Sciences, depuis son établissement jusqu'à présent; avec leur description, dessinées et publiées du consentement de l'Académie*, par M. Gallon. *Tome premier, depuis 1666 jusqu'en 1701. — Tome second, depuis 1702 jusqu'en 1712. — Tome troisième, depuis 1713 jusqu'en 1719. — Tome quatrième, depuis 1720 jusqu'en 1726. — Tome cinquième, depuis 1727 jusqu'en 1731. — Tome sixième, depuis 1732 jusqu'en 1734. — Tome septième, depuis 1734 jusqu'en 1754* (7 volumes in-4°, 255 × 180). A Paris, chez Antoine Boudet, 1735 à 1777. 42948 à 42954

Report of the Board of Rapid Transit Railroad Commissioners for and in the City of New-York for the year ending December 31, 1902. Accompanied by Reports of the Chief Engineer and of the Auditor (in-8°, 270 × 170 de 372 p. avec 18 illust. et 13 pl.). New-York, 1903. 42955

Chimie.

VAN'T HOFF (J.-H.) et CORVISY (A.). — *La Chimie physique et ses applications. Huit leçons faites sur l'invitation de l'Université de Chicago du 20 au 24 juin 1901*, par J.-H. Van't Hoff. Ouvrage traduit de l'allemand, par A. Corvisy (in-8°. 250 × 156 de 79 p. avec 9 fig.). Paris, A. Hermann, 1903 (Don de l'éditeur). 42963

Construction des Machines.

CARNOT (S.) et CARNOT (H.). — *Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance*, par Sadi Carnot (Réimpression fac-simile conforme à l'édition originale de 1824) *et lettre adressée à M. le Président et à MM. les Membres de l'Académie des Sciences*, par M. H. Carnot (in-8°, 215 × 145 de 118-IV p. avec 1 pl.) Paris, A. Hermann, 1903 (Don de M. A. Mallet, M. de la S.). 42919

DWELSHAUVERS-DERY (V.). — *Université de Liège. Ouverture solennelle des cours, les 22 octobre 1901, 21 octobre 1902 et 13 octobre 1903. Discours* de M. le Recteur V. Dwelshauvers-Dery *sur la machine à vapeur moderne* (3 broch. in-8°, 220 × 150 de 20, 28 et 32 p.). Liège, Henri Poncelet. 1901, 1902. 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42921 à 42923

GRIMSHAW (R.) et LATTUGA (A.-N.). — *Procédés mécaniques spéciaux et tours de main*, par Robert Grimshaw. *Première série.* Traduit de l'anglais, par A.-N. Lattuga (L'atelier moderne de constructions mécaniques) (in-8°, 225 × 140 de 394 p. avec 222 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1903 (Don de l'éditeur). 42961

MAGRINI (E.). — *La sicurezza e l'igiene dell' operaio nell' industria* del Ing. Effren Magrini (in-8°. 190 × 120 de 284 p. avec 146 fig.). Torino-Roma, Casa editrice nazionale, Roux e Viarengo, 1903 (Don de l'éditeur). 42959

MARCHIS (L.). — *Leçons sur les moteurs d'automobiles et les applications industrielles de l'alcool au chauffage, à l'éclairage et à la force motrice*, par M. L. Marchis (Université de Bordeaux, Faculté des Sciences, années 1902-1903) (in-8°, 255 × 200 de 539-16ª IX p. avec fig. autographiées). Paris, Vve Ch. Dunod (Don de l'éditeur). 42916

Éclairage.

BOUVIER (AD.). — *Le gaz à l'Exposition de Dusseldorf en 1902 et le 42e Congrès du gaz en Allemagne. Rapport* par M. Ad. Bouvier (Société technique de l'Industrie du gaz en France) (in-8°, 240 × 155 de 212 p. avec 25 fig. et 5 pl.). Paris, P. Mouillot, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42943

Société technique de l'Industrie du gaz en France. Compte rendu du trentième Congrès tenu les 12, 13 et 14 mai 1903, à Toulon (in-8°, 230 × 160 de 619 p., avec 15 pl.). Paris, Imprimerie de la Société anonyme des Publications périodiques, 1903. 42911

Société technique de l'Industrie du gaz en France. Table des matières contenues dans les Comptes rendus des trente premières années (1874-1903) classées : 1° par ordre chronologique; 2° par ordre méthodique; 3° par ordre alphabétique de noms d'auteurs (in-8°, 240 × 155 de 138 p.). Paris, Imprimerie de la Société anonyme de Publications périodiques, 1903. 42957

Économie politique et sociale.

Annuaire des Syndicats professionnels, industriels, commerciaux et agricoles constitués conformément à la loi du 21 mars 1884 en France et aux Colonies. 14e année 1903 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction du Travail) (in-8°, 215 × 130 de IX-764 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1903 (Don du Ministère du Commerce). 42947

COLSON (C.). — *Cours d'économie politique* professé à l'École Nationale des Ponts et Chaussées, par C. Colson. *Tome second. La propriété des biens corporels et incorporels. Le commerce et la circulation* (Encyclopédie des Travaux publics fondée par M.-C. Lechalas) (in-8°, 255 × 165 de 774 p.). Paris, Gauthier-Villars; Guillaumin et Cie, 1903 (Don de MM. Lechalas et Colson). 42966

DUMONT (G.) et MAMY (H.). — *Rapport adressé à M. le Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, sur les Musées de Prévention des accidents du travail et d'hygiène industrielle de Munich et de Charlottenbourg*, par G. Dumont et H. Mamy (Association des Industriels de France contre les accidents du travail. Circulaire n° 27. Paris, novembre 1903) (in-8°, 245 × 155 de 23 p.). Paris, au siège de l'Association, 1903 (Don de l'Association des Industriels de France). 42955

Statistique annuelle des Institutions d'assistance. Année 1901 (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction du Travail. Statistique générale de la France) (in-8°. 260 × 175 de VII-105 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1903 (Don du Ministère du Commerce). 42913

Tableau général du commerce et de la navigation. Année 1902. Premier volume. Commerce de la France avec ses colonies et les puissances étrangères (République Française. Direction générale des Douanes) (in-4°, 365 × 275 de 806 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1903 (Don de la Direction générale des Douanes). 42931

Électricité.

PELLAT (H.). — *Cours d'Électricité*, par H. Pellat. *Tome II. Électrodynamique, Magnétisme, Induction, Mesures électromagnétiques* (Cours de la Faculté des sciences de Paris) (in-8°. 255 × 165 de 554 p. avec 221 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1903 (Don de l'éditeur). 42960

Enseignement.

Université de Liège. Les installations et les programmes de l'Institut Électrotechnique Montefiore (in-4°, 315 × 245 de 63 p., avec photogr.). Liège, Imprimerie électro-mécanique, La Meuse. (Don de l'Association des Ingénieurs Électriciens sortis de l'Institut Montefiore, à Liège). 42920

Législation.

Annuaire des Ingénieurs de France, 1903 (in-8°, 215 × 135 de 296 p.). Paris, J. Loubat et Cie, 1903 (Don de l'éditeur, M. de la S.). 42935

Chambre syndicale des Propriétés immobilières de la Ville de Paris. Annuaire 1903-1904 (in-8°, 220 × 140 de 1263 p.). Paris, H. Floury. 42912

Société Belge des Ingénieurs et des Industriels. Liste des Membres. Année 1903 (in-8°, 185 × 120 de 66 p.). Bruxelles, L'Imprimerie nouvelle, 1903. 42941

Médecine, Hygiène, Sauvetage.

Ankylostomiasis : Its cause, treatment, and prevention. Supplement to the Colliery Guardian, November 6th 1903 (in-8°, 250 × 185 de 31 p. à 2 col.). London, The Colliery Guardian Company Limited (Don de The Colliery Guardian Company). 42956

Métallurgie et Mines.

DEMARET (L.). — *Les principaux gisements de pétrole du monde*, par Léon Demaret (Extrait du 3e fascicule des Annales des Travaux publics de Belgique. Octobre 1903. Société Belge des Ingénieurs et des Industriels) (in-8°, 240 × 155 de 63 p. avec 34 fig.). Bruxelles, J. Goemaere, 1903 (Don de la Société Belge des Ingénieurs et des Industriels). 42942

The Mineral Industry. Its Statistics, Technology and Trade in the United States and other Countries to the end of 1902. Founded by the late Richard P. Rothwell. Edited by Joseph Struthers (in-8°, 240 × 160 de xxx-962 p.) (Vol. XI. Supplementing Volumes I to X). New-York and London, The Engineering and Mining Journal, 1903. 42914

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

Callou (L.). — *Cours de construction du navire*, par L. Callou. (École d'application du Génie maritime). *Tome I et Tome II* (2 vol. in-8°, 255 × 165 de 628 p. et de 683 p. avec 1110 fig.). Paris, Augustin Challamel, 1902 (Don de l'éditeur). 42945 et 42946

Callou (L.). — *Technologie navale. Physique et Chimie industrielles. Matières premières. Procédés de fabrication et outillage*, par L. Callou (Ecole d'application du Génie maritime) (in-8°, 255 × 165 de VI-802 p. avec 641 fig.). Paris, Augustin Challamel, 1904 (Don de l'éditeur). 42936

Institute of Marine Engineers. Session 1902-1903. Fourteenth Annual Volume (in-8°, 210 × 135). London, 1903. 42934

Valentini (C.). — *La previsione delle piene del Po.* Memoria di Carlo Valentini (in-8°, 275 × 185 de 90 p. avec 9 pl.). Roma, Tipo-litografia del Genio Civile, 1903 (Don de l'auteur). 42930

Viennot et Mayer (E.). — *Ports maritimes de la France, Notice sur le port de la Pallice*, par M. Viennot, mise à jour, par M. Eugène Mayer (Ministère des Travaux publics) (in-8°, 275 × 180 de 107 p. avec 19 fig.). Paris, Imprimerie nationale, 1902 (Don du Ministère des Travaux Publics). 42937

Routes.

Nivellement général de la France. Répertoire indiquant les emplacements et altitudes des repères. Réseau de deuxième ordre. Lignes comprises dans les zones B, E, J, M, S et Y (7 fascicules in-8°, 270 × 180) (Ministère des Travaux Publics). Nantes, Imprimerie du Commerce, 1901. Paris, Imprimerie nationale, 1899 (Don de M. Ch. Lallemand). 42903 à 42909

Sciences mathématiques.

Breuil (P.). — *Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers. Section des métaux*, par Pierre Breuil (Extrait du Journal Le Génie Civil) (in-8°, 240 × 155 de 48 p. avec 17 fig. et 2 pl.). Paris, Publications du Journal Le Génie Civil, 1903 (Don de l'auteur). 42944

Grazioli (V.). — *Nota sull'influenza di un profilo non perfettamente circolare nella sezione retta di un recipiente sotto posto a pressione*, del Ing. Vincenzo Grazioli (in-8°, 240 × 170 de 30 p.). Pavia, Fusi, 1903 (Don de l'auteur). 42902

Sciences morales. — Divers.

Notice nécrologique à la mémoire de M. Léon de Rote, Directeur général des Ponts et Chaussées, Président de l'Association internationale permanente des Congrès de navigation (Extrait du 3e fascicule des Annales des Travaux publics de Belgique. Octobre 1903) (in-8°, 240 × 155 de 11 p.). Bruxelles, J. Goemaere 1903. (Don de l'Association). 42962

Technologie générale.

American Chamber of Commerce. Bulletin n° 23. Paris, October 1903. Proposed adoption of the Metric System by the United States (in-8°, 235 × 155 de 31 p.). Paris, Imprimerie Schiffer, 1903 (Don de l'American Chamber of Commerce). 42958

L'Année technique 1902-1903, par A. Da Cunha. Préface de Paul Bodin (in-8°, 285 × 135 de VIII-304 p. avec 130 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42910

Le Génie Civil. Revue générale hebdomadaire des Industries françaises et étrangères. IIe Table générale des matières. Tomes XXI à XL (1892-1902) (in-4°, 375 × 275 de 128 p.). Paris, Administration et Rédaction, 6, Rue de la Chaussée d'Antin. 42918

Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers, with other selected and abstracted Papers. Vol. CLIII. 1902-1903. Part. III (in-8°, 215 × 135 de VII-456 p. avec 8 pl.). London, Published by the Institution, 1903. 42900

PICARD (A.). — *Rapport général administratif et technique*, par Alfred Picard. *Tome septième* (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900) (in-8°, 295 × 195 de 414 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 42965

Rapports du Jury international. Groupe IV. Matériel et procédés généraux de la mécanique. Troisième partie. Classes 21 et 22 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°, 295 × 195 de 598 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1903 (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900). 42939

Rapports du Jury international. Groupe XVIII. Armées de terre et de mer. Deuxième partie. Classes 117 à 121 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°, 295 × 195 de 518 p.), Paris, Imprimerie nationale, 1903 (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900). 42964

Rapports du Jury international. Introduction générale. Tome V et dernier. Sixième partie. Économie sociale. Septième partie. Colonisation (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°, 295 × 195 de VIII-579 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1903 (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900). 42917

Transactions of the Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland. Volume XLVI. Forty-sixth session 1902-1903 (in-8°, 220 × 135 de XXXII-460 p. avec 22 pl.). Glasgow, Published by the Institution, 1903. 42940

Transactions of the North-East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders. Volume XIX. Nineteenth session 1902-1903 (in-8°, 240 × 150 de LXXII-239 p. avec 21 pl.). London and Newcastle-upon-Tyne, Andrew Reid C°, 1903. 42927

Travaux publics.

Annuaire du Ministère des Travaux publics pour l'année 1903 (in-8°, 220 × 135 de 852 p.). Paris, E. Bernard, 1903. 42915

Concours international pour un projet de Palais du Corps législatif à Montevideo (République orientale de l'Uruguay) (in-8°, 275 × 175 de 16 p. avec 1 pl.). Paris, J. Dumoulin, 1903. 42901

VIERENDEEL (A.). *Route Avelghem-Ruyen. Pont sur l'Escaut. Coupe et Élévation* (une feuille 485 × 1350). Bruges, 4 septembre 1903 (Don de l'auteur). 42933

Voies et Moyens de Communication et de Transport.

Relazione della Commissione incaricata dello Studio della questione concernente il Congiungimento di Venezia colla terraferma (in-8°, 240 × 170 de 152 p. avec 3 pl. même format). Venezia, C. Ferrari, 1903 (Don de M. A. Betocchi, M. de la S.). 42925 et 42926

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis, pendant le mois de novembre 1903, sont :

Comme Membres Sociétaires, MM. :

J.-H.-F. Berthier,	présenté par MM.	André, Chagnaud, Dumez.
H.-E. Bertrand,	—	F. Dumas, de Joly, L. Rey.
H. Blanc,	—	Prouteau, Vignal, Sekutowicz.
A.-C. Brachet,	—	de Blottefière, Fouché, Rousselle.
S. Brotherhood,	—	Chapman, Oughterson, Vaslin.
M.-J.-M. Colomb,	—	Bochet, Carpentier, Brisac.
E.-P.-S. Dalbouze,	—	de Blottefière, Fouché, Rousselle.
J.-A. Gadoua,	—	Auderut, Macaire, Macdonald.
F. Ghislain,	—	Lavezzari, Machavoine, Standaert.
J.-F. Goguet,	—	Brard, Brossard, Rabinel.
C.-M. Honnorat,	—	Buffet, Fiévé, Griveaud.
A. Jacquet,	—	Bodin, Couriot, Rabinel.
E.-M.-F. Janin,	—	Guillet, Mazen, Piet.
G.-A. de Katow,	—	Lestrade, Mercier, Roulleau.
Ch.-A.-L. Luc,	—	Couriot, Brard, Brossard.
P.-J.-R. Postel-Vinay,	—	Hillairet, Cornuault, Postel-Vinay.
M. Postel-Vinay,	—	Hillairet, Cornuault, Postel-Vinay.
H.-M.-Ch. Raffat de Bailhac,	—	Godfernaux, Manaud, Pommier.
G.-J.-L. Rigot,	—	Chasles, Etcheverry, Montupet.

Comme Membres Associés, MM. :

L.-F.-A. Becourt,	présenté par MM.	Baudry, du Bousquet, Salomon.
J.-O. Bessette,	—	Auderut, Macaire, Macdonald.
P.-Ch.-A. Durand,	—	Casalonga, Diligeon, G. Richard.
H. Grosselin,	—	Fayollet, L. Périssé, Ed. Simon.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE NOVEMBRE 1903

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 6 NOVEMBRE 1903

PRÉSIDENCE DE M. P. BODIN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à huit heures trois quarts.

Le Procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire part du décès de MM. :

Fuertes, E.-A., Membre de la Société depuis 1895, Directeur du Génie Civil, Cornell University, Directeur du Bureau météorologique de l'État de New-York ;

Rocour, Georges, Membre de la Société depuis 1879, Chevalier de la Légion d'Honneur, Ingénieur honoraire des Mines, Administrateur délégué des Forges et Aciéries du Nord et de l'Est ;

Secretant, Louis, ancien élève de l'École nationale d'Arts et Métiers de Châlons (1859), Membre de la Société depuis 1897, Ingénieur de la Maison Menier ;

Thurston Robert-Henry, Membre de la Société depuis 1875, ancien Président de l'A. S. M. E. (1880-1882), Directeur de The Sibley College of Cornell University, Membre de la Société Royale de Londres et de l'Association britanique, etc., correspondant de la Société, à Ithaca, État de New-York (État-Unis).

Van Heurn, Jean, Membre de la Société depuis 1890, Ingénieur civil.

M. LE PRÉSIDENT adresse aux familles de ces Collègues les sentiments de condoléances de la Société tout entière.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer les décorations suivantes : Ont été nommés :

Officier d'Académie : M. Léon Chenut ;

Chevalier du Mérite Agricole : M. A. du Beaufret.

Chevalier de la Couronne d'Italie : M. Émile Pirani ;

Grand Officier de l'Osmanieh de Turquie : M. Léon Chenut;
Officier de la Couronne de Chêne des Pays-Bays : M. E. Lahaye.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans un prochain Bulletin.

Notre Collègue, M. E. Vaton, nous a adressé un pli cacheté, en date de ce jour. Conformément aux traditions, ce pli cacheté a été déposé aux archives.

M. Le Président fait également connaître qu'une Exposition internationale des utilisations des alcools et des industries de la fermentation aura lieu à Vienne (Autriche) du 16 avril au 31 mai 1904.

M. R.-V. Picou a la parole pour une communication sur *la Régulation des moteurs appliqués aux machines dynamo-électriques.*

M. Picou rappelle qu'il existe à ce jour beaucoup de groupes électrogènes moteur-dynamo; mais que, parmi eux il n'en est que très peu, ou point, dans lesquels le moteur ait été établi spécialement pour être appliqué à la commande d'une machine dynamo-électrique. Ce moteur pourrait très bien être détaché de la dynamo et appliqué à tout autre usage.

Cette pratique résulte évidemment de la dualité dans l'étude des deux organes constitutifs du groupe; étudiés et construits séparément, ils sont ensuite juxtaposés; mais leur liaison, purement mécanique, n'est pas intime, et de là résultent de nombreuses difficultés dont il serait facile de s'affranchir.

Groupe unique. — L'électricien a pris tel quel le moteur d'industrie, caractérisé, dans sa régulation, par une vitesse que le mécanicien s'est efforcé de rendre uniforme au moyen d'un modérateur dérivé du pendule conique de Watt; mais les conditions de stabilité l'obligent à accepter une décroissance de la vitesse à mesure que la charge augmente. Or, le problème dont l'électricien recherche la solution, est le maintien d'une tension constante au centre de distribution, donc croissante à la dynamo à mesure que la charge augmente. La force électromotrice étant proportionnelle à la vitesse, il serait donc désirable que cette dernière augmentât avec la charge au lieu de diminuer. La régulation usuelle est donc mal appropriée au service électrique et oblige l'électricien à recourir à un réglage complémentaire par rhéostat. Il a tenté de l'obtenir automatiquement, mais il a dû y renoncer vite, l'action simultanée de deux régulateurs aboutissant à l'absence de tout réglage.

Ce sont ces conditions que M. Picou a cherché à améliorer par l'étude d'un système de régulation électrique qu'en raison de sa constitution il a défini : Régulation par asservissement différentiel.

L'équation de la puissance transformée par le groupe électrogène s'obtient en exprimant l'égalité des valeurs électrique et mécanique de la puissance $F \cdot V = E \cdot I$, où F est l'effort moyen, V la vitesse, E et I la force électromotrice et le courant. Comme, d'après les lois de l'induction, E est proportionnel à V, il s'ensuit que I et F le sont aussi entre eux. L'ampèremètre est donc un véritable *dynamomètre* que l'on peut utiliser

à produire l'ouverture de l'organe de distribution, ouverture qui fixe l'effort moyen. Le voltmètre peut à son tour être employé, agissant différentiellement pour procurer la stabilité sans laquelle il n'y a pas de régulation. La vitesse dépendra seulement de l'équilibre entre l'effort moteur (déterminé par le degré d'ouverture) et l'effort résistant (mesuré par l'ampèremètre); elle pourra être maintenue constante, ou même s'accroître avec la charge dans une proportion déterminée. Cet accroissement peut être réglé de manière à compenser les pertes de charge, et à réaliser ainsi une régulation réellement automatique du groupe.

M. Picou décrit sommairement les dispositions de réalisation, d'abord sous la forme schématique, puis sous une forme mieux appropriée aux moteurs à vapeur ou hydrauliques. Il s'est attaché à conserver la forme et les dispositions générales des organes de régulation usuels des mécaniciens, dont il importe de ne pas trop changer les habitudes.

Lorsque la constance de la vitesse n'est pas indispensable (groupes à courant continu), l'emploi d'un tel régulateur permet de supprimer toute action par rhéostat. S'il est au contraire désirable de maintenir la vitesse constante (alternateurs), le rhéostat doit intervenir; mais la manœuvre peut en être rendue automatique par une liaison appropriée avec le mécanisme régulateur.

M. Picou indique ensuite comment, dans le cas du courant alternatif, on peut tenir compte de la composante décalée du courant, et décrit le mécanisme qui permet encore l'automaticité du réglage, quel que soit le décalage.

Groupes couplés. — Passant ensuite aux groupes couplés, l'auteur rappelle que le couplage des moteurs sur un même réseau équivaut absolument à l'établissement d'une liaison élastique de ces groupes entre eux. Or, une liaison élastique amplifie toujours les perturbations (quand l'amortissement est assez faible, comme c'est toujours le cas en pratique) ainsi qu'il l'a établi en 1894, à l'encontre de ce qui était le sentiment général. Il montre ensuite comment le modérateur de vitesse des mécaniciens est *antirégulateur* du partage des charges. Faisant application aux groupes couplés de son principe de régulation, il montre comment il permet d'éviter absolument que les réactions mutuelles provenant de la liaison élastique viennent influencer la distribution. Il signale encore l'importance des phénomènes de résonance, peu connus des mécaniciens, dans la question du couplage en parallèle, et indique comment il est possible de se garer de toutes ces difficultés.

En terminant, M. Picou signale l'importance du détendeur pour les moteurs à vapeur, et montre que lui aussi peut donner lieu à des oscillations.

La conclusion de l'auteur est que l'étude du groupe électrogène doit être menée d'ensemble, de manière à en faire un tout exactement approprié aux exigences de l'exploitation, et affranchi des contresens de réglage qui résultent de la simple juxtaposition d'organes étudiés isolément.

M. le Président remercie M. Picou de l'élégance et de la simplicité avec lesquelles il a exposé sa communication traitant d'un sujet si ardu.

M. F. Bourdil a la parole pour une communication sur *l'Acétylène dissous et ses principales applications.*

M. F. Bourdil expose d'abord les propriétés de l'acétylène dissous.

Il explique que l'acétylène dissous est une solution d'acétylène gazeux dans l'acétone et comment, dans ce dernier liquide, on dissout dix fois environ son volume du gaz, par kilogramme de pression, en décuplant ainsi, au point de vue de l'emmagasinage dans un espace déterminé, la loi de Mariotte.

Il décrit comment l'acétylène dissous s'emmagasine ; dit que pour assurer la dissolution complète du gaz dans l'acétone et éviter notamment qu'une couche de gaz surnage sur le liquide, il faut empêcher qu'il se produise, dans l'appareil qui contient la solution, un vide quelconque. Ce résultat s'obtient en emmagasinant la solution acétylène-acétone dans des bouteilles métalliques complètement remplies de corps poreux dans les interstices desquels la solution pénètre.

Il rappelle les expériences faites intentionnellement ou dues aux circonstances fortuites, établissant la sécurité de son emploi. Il dit qu'en France, au laboratoire des poudres et salpêtres, on a déterminé des étincelles électriques dans des réservoirs chargés ; qu'en Autriche et en Amérique on a placé des réservoirs chargés dans des feux de forges, et qu'enfin des réservoirs chargés se sont trouvés fortuitement exposés aux flammes d'incendies : aucun de ces réservoirs n'a fait explosion.

Il parle de sa facilité de transport et de ses applications à l'éclairage des véhicules automobiles ou autres, des usines et des chantiers, et montre la puissance de cette source lumineuse.

Il démontre comment on peut, à l'aide de cet acétylène dissous, fournir la flamme d'un chalumeau présentant un dispositif spécial, et obtenir ainsi des températures analogues à celle de l'arc voltaïque.

M. Bourdil présente, en terminant, l'expérience de soudure au chalumeau des éléments constituant un réservoir d'automobile en tôle d'acier, ainsi que le percement d'une tôle d'acier.

M. Le Président remercie M. Bourdil de son intéressante communication.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. C.-A. Brachet, E.-P.-S. Dalbouze, F. Ghislain, E.-M.-F. Janin, G.-J.-L. Rigot, comme Membres Sociétaires, et de

M. J.-O. Bessette, comme Membre Associé.

MM. J.-H.-F. Berthier, H.-E. Bertrand, H. Blanc, S. Brotherhood, M.-J.-M. Colomb, J.-A. Gadoua, J.-F. Goguet, C.-M. Honnorat, A. Jacquet, G.-A. de Katow, Ch.-A.-L. Luc, P.-J.-R. Postel-Vinay, M. Postel-Vinay, H.-M.-Ch. Raffat de Bailhac, sont admis comme Membres Sociétaires, et

MM. L.-F.-A. Bécourt, P.-Ch.-A. Durand, H. Grosselin, comme Membres Associés.

La séance est levée à 10 heures trois quarts.

Le Secrétaire,
L. Baudet.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 20 NOVEMBRE 1903

PRÉSIDENCE DE M. A. MOREAU, VICE-PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire part du décès de MM. :

Billaud, Paul, ancien élève de l'École d'Arts et Métiers d'Angers (1873), Membre de la Société depuis 1894, entrepreneur de fumisterie industrielle;

Giraud, Jules-J.-S., ancien élève de l'École Centrale (1869), Membre de la Société depuis 1878, Secrétaire de la Société en 1885, ancien Ingénieur-Secrétaire de la Délégation pour l'exploitation du Nord-Est Suisse et de la Délégation des Chemins de fer Autrichiens; Ingénieur-Secrétaire du Comité de Paris de la Société Autrichienne-Hongroise privilégiée des Chemins de fer de l'État;

Peigné, Edmond, Membre de la Société depuis 1897, Chevalier de la Légion d'honneur, Directeur du *Journal des Travaux publics*, Membre du Comité consultatif de la navigation;

Enfin celui de M. Gaston de Chasseloup-Laubat, frère de notre Trésorier, décédé après une longue et cruelle maladie.

M. G. de Chasseloup-Laubat, Chevalier de la Légion d'Honneur, était Membre de la Société depuis 1893, époque à laquelle eut lieu le voyage de notre Société aux États-Unis. Tous ceux qui y ont pris part se rappellent l'amabilité et le dévouement dont notre Collègue avait fait preuve au cours de ce voyage; nous n'avons pas oublié non plus les communications si intéressantes et si documentées qu'il avait faites dans notre Bulletin sur les questions électriques.

Au nom de la Société tout entière, M. le Président adresse l'expression de sa plus respectueuse sympathie aux familles de nos Collègues, et tout spécialement à celle de notre si dévoué Trésorier, M. L. de Chasseloup-Laubat.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer les décorations et nominations suivantes. Ont été nommés :

Officier d'Instruction publique : M. L. Eyrolles;

Officier d'Académie : M. Hersent, Jean.

M. Sartiaux a été nommé Membre du Comité de Direction de l'Office national du Commerce extérieur.

M. Doniol a été nommé Membre du Conseil de l'Ordre national de la Légion d'honneur.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans un prochain Bulletin.

Un pli cacheté a été déposé, le 17 novembre, par notre Collègue. M. BUROT. Conformément aux traditions, ce pli a été déposé aux archives.

M. LE PRÉSIDENT annonce qu'une Exposition internationale d'hygiène, sauvetage, etc., aura lieu au Grand-Palais des Champs-Élysées d'août à novembre 1904.

A ce sujet, notre Collègue, M. E. Cacheux, Président de la classe 4 de cette Exposition, nous fait connaître qu'il serait très heureux d'obtenir le concours de ceux des Membres de la Société s'occupant de ces questions, pour construire un atelier modèle au point de vue de l'hygiène du travail, l'Administration de cette Exposition mettant gratuitement l'emplacement nécessaire à la disposition de M. Cacheux.

M. le Ministre des Colonies nous fait connaître qu'il sera procédé, le 5 février 1904, à Saïgon (Cochinchine), à 8 heures du matin, à l'adjudication des travaux de dragage à exécuter en Cochinchine pendant une période de huit années, pour l'amélioration et l'entretien des voies navigables, ainsi que pour l'ouverture de voies nouvelles.

Les documents relatifs à cette adjudication peuvent être consultés à la Bibliothèque de la Société.

M. LE PRÉSIDENT annonce également que le Comité de la Section française de la Section d'électricité à l'Exposition de Saint-Louis nous écrit pour qu'on lui fasse connaître des noms d'industriels pouvant poser leur candidature aux fonctions de Membres du Jury international de l'Exposition.

Ces candidats devront réunir les conditions suivantes :

1° Être exposants;

2° Avoir une connaissance suffisante de la langue anglaise;

3° Prendre l'engagement de faire le voyage en mai-juin 1904;

4° Supporter personnellement leurs frais de déplacement.

Ceux de nos Collègues qui désirent se faire inscrire devront s'adresser au Président du Comité d'installation de la Section électrique, M. E. Sartiaux, 48, rue de Dunkerque, Paris.

M. LE PRÉSIDENT dit que, conformément à la décision de la Société prise dans sa séance du 16 octobre dernier, le Comité du 6 novembre a chargé le Bureau de transmettre aux Pouvoirs Publics et aux Corps Constitués la délibéraion qui avait été prise dans cette séance du Comité, en date du 6 novembre.

M. le Président fait donner lecture du texte de cette délibération, qui est ainsi conçue :

Extrait du Procès-verbal de la Séance du Comité du 6 Novembre 1903.

PRÉSIDENCE DE M. P. BODIN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

. . . . . .

En ce qui concerne la *Tour Eiffel* :

Le Comité de la Société des Ingénieurs Civils de France, chargé par décision de la Société, prise à l'unanimité dans sa réunion du 16 octobre 1903, d'agir en son nom auprès des Pouvoirs Publics et Corps Constitués au sujet de la Tour Eiffel, dont le maintien est mis en question d'une façon si imprévue par les projets d'aménagement du Champ de Mars.

Déclare s'associer au vœu voté à l'unanimité par l'Assemblée générale, du 11 août 1903, de l'Association française pour l'Avancement des Sciences (Congrès d'Angers), et qui lui a été officiellement transmis par cette Association. Ce vœu est ainsi conçu :

« L'Association française pour l'Avancement des Sciences ;

» Considérant que la Tour Eiffel a déjà rendu à la science d'inestimables services en se prêtant à des déterminations physiques, météorologiques et mécaniques impossibles à obtenir sans elle ;

» Considérant qu'elle est sans contredit appelée à en rendre d'autres encore ;

» Émet le vœu qu'elle ne soit pas détruite à l'expiration de la concession grâce à laquelle elle existe, et qu'on prolonge au contraire son existence le plus possible. »

« Ce vœu a été transmis à M. le Ministre de l'Intérieur et à M. le Préfet de la Seine. »

En outre :

Considérant que la Tour Eiffel est l'un des plus remarquables spécimens de l'art du génie civil dans les constructions métalliques ; que cet édifice, que l'on a vainement tenté d'imiter à l'étranger, est le plus élevé qui soit au monde ; que le grand nombre actuel de ses visiteurs témoigne qu'il excite l'intérêt et la curiosité générale, tant par lui-même que par le splendide panorama de Paris et des environs qu'il permet de contempler sur une étendue de 150 *km* ;

Considérant qu'au point de vue de la défense nationale, il est appelé à jouer un rôle exceptionnel comme centre, soit de télégraphie optique, soit de télégraphie sans fil, et que lui seul permet actuellement d'assurer les communications directes de Paris et de la province,

Le Comité de la Société des Ingénieurs Civils de France proteste contre toute idée de destruction de cet édifice, qui fait partie intégrante de Paris ;

Charge le Bureau de la Société de transmettre cette demande aux Pouvoirs Publics et Corps Constitués.

Cette résolution mise aux voix est adoptée à l'unanimité.

En ce qui concerne la *Galerie des Machines* :

Le Comité de la Société des Ingénieurs Civils de France, chargé par

décision de la Société, prise à l'unanimité dans sa réunion du 16 octobre 1903, d'agir en son nom auprès des Pouvoirs Publics et Corps Constitués au sujet de la conservation de la Galerie des Machines ;

Considérant que cette construction est une des œuvres de premier ordre du génie civil français ; que son mode de construction marque un progrès considérable tant à cause de ses dimensions, les plus grandes qui existent, qu'à cause de l'emploi qu'on y a fait de fermes de grande ouverture à trois articulations.

Que cette galerie a rendu les plus grands services et qu'elle est appelée à en rendre encore ;

Déclare s'associer à la motion votée à l'unanimité par la Chambre des Députés, le 6 novembre 1902, sur la proposition de M. Berger, député de Paris ;

Proteste contre la destruction de cet édifice ; et, puisqu'on ne peut le conserver dans son emplacement actuel,

Demande qu'il soit transféré en un lieu convenablement choisi.

Charge le Bureau de la Société de transmettre cette demande aux Pouvoirs Publics et Corps Constitués.

Cette résolution, mise aux voix, est adoptée à l'unanimité.

M. LE PRÉSIDENT expose le compte rendu des visites du Bureau près des Pouvoirs Publics.

Il signale également que l'un de nos Collègues, M. J. de Coëne, a suggéré l'idée de transporter la Galerie des Machines sur l'emplacement actuellement occupé par la Manufacture des Tabacs, où elle pourrait être utilisée, sous forme d'une Grande Gare, pour les chemins de fer de l'Ouest et de l'État.

M. J.-M. BEL a la parole pour sa communication sur son *Voyage minier au Nord-Ouest Canadien.*

M. Bel divise sa communication en deux parties.

1° *Généralités.* — Il donne un aperçu géographique du Territoire du Yukon, décrivant son régime orographique et hydrographique. Il dit, en particulier, que les cours d'eau y ont un régime torrentiel, provenant de l'extrême rigueur du climat et dépendant étroitement des dégels, et que les dépôts sédimentaires de la région sont gelés jusqu'à la roche de lit. Il relate sa population (20 000 âmes) ; et montre les très grosses difficultés qu'on rencontre dans ce pays, non seulement au point de vue des voies d'accès et de communication ainsi que des transports, mais à celui des moyens d'existence.

M. Bel indique ensuite l'itinéraire qu'il a suivi au cours de son voyage de Paris à Dawson, effectué en vingt-trois jours, passant par Seattle, les archipels colombiens et alaskiens, le port de Skaguay, arrivant par le chemin de fer de la White Pass au haut du plateau du Yukon et enfin à White Horse. Là, il nous montre, animant son récit de nombreuses projections, entre autres choses, le fleuve pris dans les glaces, qu'il a parcouru l'hiver de 1902, en traîneau, et le même l'été, laissant libre passage aux navires.

Il termine sa première partie en donnant les prix de transport et de la main-d'œuvre et ceux de diverses matières, qui montrent la cherté

extraordinaire des prix de revient et obligent à n'exploiter que les gisements très riches.

2° *Gisements miniers.* — M. Bel donne d'abord un historique des découvertes aurifères successives qui ont conduit progressivement à celle du Klondike, en 1896.

Puis, il décrit la géologie des gisements miniers; dit que ceux en exploitation sont exclusivement des dépôts d'or alluvionnaire et de combustible minéral, mais qu'il existe aussi des filons aurifères, jusqu'ici inexploitables, et des filons cuprifères en période préparatoire de leur mise en développement.

Il explique la manière dont sont constitués les dépôts d'or alluvionnaire, où l'or, d'origine locale, est à l'état grenu, peu ou point roulé, adhérant souvent à du quartz ou à du schiste cristallin, dans les graviers des lits actuels ou des anciens lits; d'où la double catégorie des gisements de vallée (20 *m* de puissance maxima), et les gisements de terrasse (50 *m* de puissance maxima). Il dit que le chenal rémunérateur dépasse rarement 100 *m* de large sur 2 *m* d'épaisseur exploitable, dans les conditions actuelles.

Et il explique, ensuite, que les gisements de charbon minéral sont constitués surtout par des lignites Crétaciques et qu'ils sont de très faible production limitée à la consommation locale.

M. Bel parle alors de la législation minérale de la contrée, des taxes perçues par l'Etat. Puis, il décrit les méthodes d'exploitation, dont quelques-unes sont spéciales au pays : 1° méthode souterraine; 2° méthode au Scraper ou à ciel ouvert; 3° exploitation hydraulique; 4° exploitation à la drague ou à l'excavateur. Enfin, il décrit les méthodes de traitement basées sur le simple lavage des minerais, sans amalgamation au mercure.

En terminant, il donne la statistique de la production aurifère du territoire depuis l'origine, en 1896, et il fait remarquer que la production annuelle ayant atteint son apogée en 1900, décroît depuis cette époque, les gisements de haute teneur commençant à s'épuiser.

Il conclut que, les richesses des premiers temps n'étant que passagères, c'est sur des gisements de teneur plus modeste que doit compter l'exploitant pour marcher normalement, à l'avenir, dans la voie ascendante d'une industrie prospère; et que, par conséquent, pour en tirer parti, il sera indispensable de pouvoir améliorer les conditions économiques locales notamment par la création de moyens d'accès permanents.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Bel de sa très intéressante et substantielle communication.

M. M. OTTO a la parole pour sa communication sur *les Progrès récents réalisés dans l'industrie de l'ozone.*

M. Otto divise son exposé en trois parties :

1° *Générateurs d'ozone.* — Il dit que c'est sur les appareils à diélectrique que ses premières recherches se sont portées, sur leur construction et leur rendement au point de vue travail de laboratoire. — C'est avec ces appareils qu'il a étudié la densité de l'ozone, les phénomènes de phosphorescence qui se produisent au contact de divers corps chimi-

ques et de l'ozone, ainsi que la fabrication de la vanilline synthétique en partant de l'huile de clou de girofle.

M. Otto rappelle les difficultés qu'il a éprouvées pour appliquer à l'industrie les résultats de ses recherches de laboratoire, avec ces mêmes appareils, et comment il a été amené à imaginer les appareils rotatifs entièrement métalliques, qui ont fait l'objet d'une précédente communication. Il admet pourtant l'emploi industriel possible des ozoneurs en verre dans certains cas. Et, dans cet ordre d'idées, M. Otto décrit deux types d'appareils à refroidissement à eau ou à air, construits simplement et qui peuvent donner des résultats relativement satisfaisants. Il parle aussi des appareils rotatifs à diélectriques, types mixtes, permettant l'utilisation des courants à basse fréquence des secteurs, et de l'appareil à résonateur fonctionnant avec piles ou accumulateurs qu'il a construit pour les usages médicaux.

2° *Épuration et stérilisation industrielles des eaux potables par l'électricité.* — M. Otto résume les résultats obtenus dans les expériences faites en Allemagne sous la direction du docteur Erlwein, et ceux obtenus par lui à Niagara Falls, sous le contrôle d'une Commission officielle. La concentration d'ozone pour une stérilisation normale industrielle a été, dans le premier cas, de 2,5 *g* à 1,4 *g*, et dans le second de 2 *g* au maximum. Il en conclut que 3 *g* d'ozone pur par mètre cube d'air suffisent pour une bonne stérilisation.

M. Otto donne ensuite un aperçu du prix de revient du mètre cube d'eau ozonisé, et montre qu'il ne semble prohibitif dans aucun cas.

3° *Applications industrielles.* — M. Otto décrit plusieurs installations industrielles d'ozoneurs, faits par lui, pour la fabrication des eaux potables, de la glace; donne quelques détails techniques sur la production de la vanilline; et expose, en terminant, des conditions d'installation et de fonctionnement de la blanchisserie Charvet, où l'ozone est utilisé pour la désinfection et pour le blanchiment proprement dit du linge.

M. Otto accompagne sa communication de projections, et termine en exprimant l'espoir que l'œuvre ébauchée par lui sera heureusement terminée, justifiant ainsi ce mot de Frémy, que, dans la chimie moderne, une des découvertes les plus importantes, était celle de l'ozone.

M. X. Gosselin présente quelques observations sur la communication de M. Otto.

Il dit que, dans l'ozoneur à diélectriques refroidis par des feutres, il doit se produire fatalement une grande quantité d'acide nitrique à cause de la saturation d'humidité de l'air ambiant; car, suivant lui, dans tous les ozoneurs, l'air doit être desséché avant de passer dans l'effluve.

Il conteste, en outre, la possibilité de l'application rationnelle d'appareils à tubes de verre pour les ozoneurs de grande puissance, à cause de l'impossibilité dans laquelle on se trouve, paraît-il, de se procurer des cylindres de verre de grande dimension, parfaitement calibrés.

Quant aux ozoneurs à tambours, M. Gosselin rappelle qu'il a développé, il y a deux ans, de graves objections contre leur emploi.

M. Gosselin expose, d'autre part, les raisons pour lesquelles il préfère les ozoneurs statiques aux ozoneurs tournants. Il dit en particulier que

la limitation forcée de la puissance électrique de ces derniers implique pour leurs constructions des dimensions exagérées avec un développement de surface d'effluve.

Au sujet des chiffres communiqués par M. Otto relativement au poids de l'ozone fourni par kilowatt-heure dépensé dans les ozoneurs de différents systèmes, M. Gosselin dit qu'ils ne peuvent avoir aucune valeur comparative ni même absolue, si l'on fait abstraction du degré de concentration de l'ozone produit; car il fait remarquer qu'un même ozoneur qui fournirait 80 *g* d'ozone par kilowatt-heure, dans l'air ozonisé à 3 *mg* par litre, n'en fournirait pas 60 dans l'air ozonisé à 6 *mg*.

Il relève enfin la divergence d'opinions qui existe entre les bactériologistes allemands qu'a cités M. Otto, et les bactériologistes français, MM. Roux et Calmette, qui ont présidé à ses expériences de Lille, au sujet de la concentration que doit présenter l'ozone pour détruire les germes dans l'eau d'alimentation.

Ces derniers, en effet, déclareraient indispensable pour une bonne épuration, 4 ou 5 *mg* d'ozone par litre d'air, alors que les savants allemands se contentent, d'après M. Otto, de 3 *mg*.

Il y a là, d'après M. Gosselin une différence inexplicable.

M. L. Guillet, après avoir demandé à M. Otto quel était le prix de revient de l'ozonisation au moyen de l'appareil domestique décrit, fait remarquer que la communication de M. Otto soulève l'un des problèmes les plus intéressants de la technologie chimique, celui de l'oxydation. Il demande la permission d'envisager rapidement les différentes solutions qui en ont été données, de les comparer entre elles et d'examiner le rôle que peut y jouer l'ozone.

Les oxydants industriels appartiennent à deux classes distinctes : les oxydants directs (oxygène, eau oxygénée, permanganate de potassium, etc.), qui agissent de par eux-mêmes, et les oxydants indirects (bichromate de potassium, peroxyde de sodium, etc.), qui ne cèdent leur oxygène que s'ils se trouvent en présence d'un produit qui en force le dégagement (acide sulfurique, eau, etc.). Un même corps peut, d'ailleurs, rentrer dans les deux classes suivant le composé qu'il doit oxyder.

Quelques oxydants directs ne laissent aucune trace de leur passage autre que l'oxydation; ce sont l'air, l'oxygène et l'ozone. Les autres laissent un résidu qui, dans certains cas (oxyde de manganèse laissé par le permanganate), peut être fort gênant et qui, rarement d'ailleurs, peut ne pas nuire aux opérations postérieures (eau laissée par l'eau oxygénée).

Les oxydants indirects laissent, dans tous les cas, des résidus qui peuvent être extrêmement complexes (sulfate double de potassium et de chrome, laissé par le mélange bichromate et acide sulfurique).

Donc les oxydants directs : air, oxygène et ozone, présentent le très gros avantage de ne laisser aucun résidu. Mais ils ne peuvent être employés dans tous les cas; de plus, en laissant de côté l'air, ils sont chers; enfin, ils doivent être utilisés au lieu même de production, car les frais de transport énormes constituent un droit prohibitif, et pour l'ozone on ne peut songer à sa conservation.

M. Guillet, après avoir développé ces différents points, conclut en disant que, pour l'ozone, on est frappé par la facilité d'emploi et la difficulté de production. L'ozone s'impose dans certaines fabrications qu'il simplifie (vanilline); il peut être utilisé dans certaines industries que son prix de revient n'effraie pas, étant données sa rapidité d'action et sa caractéristique de ne pas laisser de résidu. Mais on ne saurait envisager la généralisation de l'utilisation de l'ozone en chimie industrielle qu'en le préparant et, par conséquent, l'utilisant là où l'énergie nécessaire à sa production est donnée à bas prix, c'est-à- dire aux pays de chutes d'eau.

M. M. Otto, en ce qui concerne les observations présentées par M. Guillet, dit qu'il s'y associe partiellement.

La nature gazeuse de l'ozone, qui se présente toujours dilué dans un grand volume d'air, fait de ce gaz l'oxydant par excellence. Il n'est pas nécessaire que les usines d'ozone soient situées près des chutes d'eau. En comptant le kilowatt à 0,20 *f*, l'ozone fournit, dans bien des cas, des résultats plus économiques et des rendements supérieurs à ceux de tous les oxydants connus, directs ou indirects.

M. Otto répond de la façon suivante aux observations de M. Gosselin :

1° La présence de l'humidité ne constitue pas une preuve de la production d'acide nitrique; c'est même l'inverse qui a lieu. Dans une usine de Niagara, où l'on s'occupe exclusivement de la préparation des nitrates et des nitrites par l'électricité, l'air soumis aux décharges est, au contraire, parfaitement desséché, en vue d'augmenter les rendements;

2° Les appareils à tubes de verre sont destinés simplement aux usages médicaux, et M. Otto n'a jamais cherché à se procurer des tubes calibrés de grandes dimensions, pour construire des ozoneurs industriels;

3° M. Otto a démontré expérimentalement que les observations présentées il y a deux ans par M. Gosselin, sur les ozoneurs rotatifs, ne reposent sur aucune donnée scientifique. La preuve en est dans les applications dont ces appareils viennent d'être l'objet tout récemment encore;

4° En ce qui concerne le poids d'ozone fourni par kilowatt-heure, M. Otto regrette que M. Gosselin s'en tienne à des généralités et ne fournisse pas les résultats obtenus avec les ozoneurs qu'il a certainement dû faire construire, mais autour desquels le plus grand silence a été fait jusqu'ici;

5° Pour le degré de concentration d'ozone nécessaire pour obtenir une bonne stérilisation de l'eau, M. Otto déclare que, loin de mettre en doute la haute valeur scientifique de MM. Roux et Calmette, il s'incline devant elle, mais que les observations de ces savants, faites sans doute dans de mauvaises conditions, n'enlèvent rien de leur valeur aux chiffres précis relevés par les bactériologistes allemands, à Wiesbaden et à Paderborn.

M. Guillet répond à M. Otto qu'il connaît de nombreux essais d'oxydation par l'ozone qui ont donné des résultats fort intéressants, mais qui, cependant, n'ont pu recevoir la consécration industrielle. Il estime, au contraire, que ces expériences eussent donné des résultats concluants

en tous points, si l'on avait pu produire l'ozone à meilleur compte, en ayant de l'énergie électrique à bas prix.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Otto de son intéressante communication, ainsi que ceux de nos Collègues qui ont bien voulu prendre part à la discussion.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. Ch. P. Altmann, M. H. G. Bernard, P. Carde, E. A. Court, Ch. A. Defauconpret, H. Dubreucq-Perus, L. P. P. J. Fouquet, A. F. Gilbert, J. Guillaume, J. Husband, E. P. L. Marting, J. Ch. L. Roland-Gosselin, comme Membres Sociétaires Titulaires,

Et de M. L. Ch. Bougault, comme Membre Sociétaire Assistant.

MM. C. A. Brachet, E. P. S. Dalbouze, F. Ghislain, E. M. F. Janin, G. J. L. Rigot, sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires, et M. J. O. Bessette, comme Membre Associé.

La Séance est levée à onze heures.

Le Secrétaire,
L. BAUDET.

Erratum. — Dans la liste générale des Candidats inscrits pour les élections de 1903, liste qui vient d'être adressée à MM. les Membres de la Société avec une circulaire explicative, il s'est glissé deux erreurs d'impression :

1° Dans la I^re^ Section, « Travaux Publics et Privés :

Au lieu de :

BAUDET, E.,

Il faut lire :

BAUDET, L.

2° Dans la III^e^ Section, « Mécanique et ses Applications » :

Au lieu de :

ARMENGAUD Jeune (J.-A.-M.), *S.*-1886, Ing.-Conseil,

Il faut lire :

ARMENGAUD Jeune (J.-A.-M.), *S.*-1868, Ing.-Conseil.

LES VOITURES AUTOMOTRICES

DE CHEMINS DE FER

A VAPEUR ET A PÉTROLE[1]

PAR

M. L. TURGAN

AVANT-PROPOS

Le développement de plus en plus grand de l'automobilisme sur route a attiré de nouveau l'attention des Compagnies sur l'utilisation pratique et économique des voitures automotrices sur les voies ferrées.

Cette question, remise ainsi au premier plan des préoccupations des Compagnies, avait été déjà étudiée à plusieurs reprises et en particulier en 1880, lorsque furent modifiées les lois sur l'exploitation des lignes secondaires.

Mais, depuis cette dernière époque, les études d'automotrices subirent un long arrêt, soit que les types établis ne fussent pas suffisamment au point, soit, au contraire, que les services d'exploitation n'aient pas su utiliser le nouveau matériel créé.

Aussi lorsque, en 1900, le bureau du Congrès international des Chemins de fer envoya à 227 Compagnies un questionnaire relatif aux automotrices, il ne fut reçu que 86 réponses et 7 Compagnies seulement donnèrent des indications sur les voitures qu'elles employaient ou avaient employées.

A la suite de cette consultation le Congrès ne put qu'émettre le vœu suivant :

« L'emploi des voitures soit automobiles (2), soit automotrices. » a été jusqu'ici très limité, mais il semble qu'il y aurait intérêt

(1) Voir planche n° 58.

(2) Le Congrès des Chemins de fer a émis deux définitions des mots *automotrice* et *automobile* : l'*automobile* est une voiture susceptible de se mouvoir, mais se mouvant seule, l'*automotrice*; au contraire, est une voiture susceptible de se mouvoir tout en remorquant d'autres véhicules. Nous nous permettons de ne pas suivre ces définitions et de désigner seulement les voitures sous le nom d'automotrices, qu'elles circulent seules ou en remorquant un train.

» à en développer l'emploi pour déterminer les services qu'elles » peuvent rendre non seulement sur les lignes à faible trafic, » mais même sur les lignes à circulation active. Il est donc désirable, ajoutait le Congrès, que les Administrations des Chemins de fer continuent les essais de ces voitures. »

Dans ces trois dernières années, les Compagnies ont répondu aux vœux du Congrès et poursuivent de plus en plus leurs recherches et leurs études.

Il est très intéressant de suivre ce mouvement qui doit aboutir à la création d'un matériel de traction nouveau, et de formules d'exploitation nouvelles. Nous avons, par suite, cherché à résumer brièvement les principales caractéristiques des véhicules qui ont été construits ; parallèlement, nous nous sommes trouvé conduit à examiner quelles étaient les conditions d'exploitation de ces automotrices. L'étude de ces dernières conditions nous a permis de déduire une série de programmes d'établissement auxquels il nous a semblé que les voitures devaient répondre.

PREMIÈRE PARTIE

DESCRIPTION DES VOITURES

Il existe des automotrices de tous systèmes : la vapeur, l'air comprimé, l'eau chaude, les gaz, l'électricité, sont tour à tour employés. Si nous exceptons la vapeur et l'air carburé par des benzines ou des alcools, tous les modes d'énergie sont empruntés à des sources indépendantes du véhicule lui-même.

On pourrait donc, à la rigueur, dénier aux voitures automotrices à air comprimé, à eau chaude ou électriques, le droit d'être appelées automobiles, car elles dépendent de stations de charge ou de lignes de transport de force, et ne peuvent pas circuler sur des voies qui ne sont pas au préalable préparées à les recevoir.

Ces divers systèmes, très employés, font l'objet de traités spéciaux où ils sont tous étudiés avec soin et nous ne saurions nous y arrêter.

La vapeur ou l'air carburé permettent, au contraire, de réaliser des véhicules automoteurs portant eux-mêmes leur source

d'énergie et ainsi réellement automobiles au point de vue de leur circulation possible sur toutes les voies ferrées indistinctement.

Cependant, la faveur qui a accueilli l'électricité ou l'air comprimé pouvait laisser croire que les automotrices à vapeur étaient déjà reléguées dans le domaine du passé, tandis que les mélanges tonnants n'étaient susceptibles, au contraire, que d'un avenir incertain ; la vapeur ne paraissait plus devoir recevoir d'applications, le pétrole ne semblait pas encore pouvoir être employé.

Sans vouloir rappeler les mécomptes éprouvés dans l'exploitation de certains tramways électriques, ni envisager les difficultés techniques que l'on rencontrerait trop souvent pour transformer les voies ferrées de telle façon que les locomotives électriques puissent les parcourir, nous nous bornerons à étudier les divers systèmes de voitures automotrices à vapeur et à pétrole, seules réellement automobiles.

Si l'on s'étonne des difficultés parfois rencontrées pour faire conduire une de ces voitures par un seul homme, il ne faudra pas oublier que l'automotrice ou la locomotive électriques avec leur unique conducteur ont derrière eux une usine où travaillent les chauffeurs et les mécaniciens.

Les premières voitures automotrices ont été construites il y a plus de quarante ans et, dès 1859, Latta Grice et Long avaient imaginé, aux États-Unis, des tramways à vapeur. Mais ce n'est guère qu'en 1876 et 1880 que furent créés les premiers types d'automotrices de chemins de fer. En 1876, entre Echallens et Lausanne, était essayée la voiture Brown à double bogie, puis, sur une ligne du centre de la France, la voiture de l'État français. Le système Belpaire fut mis en service en Belgique en 1877 et le modèle Thomas circula la même année sur le réseau du Wurtemberg. A ces premières voitures nous devons ajouter les tramways Rowan qui datent de 1876 et furent employés dans un certain nombre de lignes.

En 1897, Serpollet établissait une voiture pour le Wurtemberg et une autre pour le Nord français; celle-ci devait recevoir d'ailleurs deux ans plus tard la première chaudière Turgan appliquée à la traction mécanique sur rails.

En Russie, le Chemin de fer Nicolas essayait une voiture à vapeur; aux États-Unis, la Compagnie Dayton exploitait une au-

tomotrice Baldwin, et la New Jersey Company transformait une grande voiture à bogie en véhicule automoteur.

En 1901, le Nord français construisit le premier modèle de grande voiture marchant dans les deux sens; ce type n'a d'ailleurs pu encore être réalisé par aucune autre Compagnie.

Le Paris-Lyon-Méditerranée et l'Orléans ont mis récemment en service deux voitures Purrey, tandis qu'en Autriche trois voitures Komareck sont en circulation et que l'État hongrois construit deux voitures automotrices avec des chaudières de Dion. En Angleterre, la South Western Company vient d'établir à son tour une grande voiture à bogies.

Deux Compagnies françaises de lignes à voie étroite ont essayé également les automotrices. La Compagnie française des chemins de fer en a affecté deux à son réseau de Dinard-Saint-Briac, et la Compagnie de la Drôme attend les résultats d'exploitation d'une première voiture pour en faire construire plusieurs autres.

La Compagnie des chemins de fer ne s'est d'ailleurs pas contentée de son initiative en matière d'automotrices à vapeur et elle a fait construire une locomotive tender-fourgon qui n'est autre qu'une très puissante automotrice portant un fourgon à bagages au lieu d'un compartiment à voyageurs.

Nous aurons ainsi à passer en revue environ vingt types de voitures à vapeur différents.

La nomenclature des automotrices à pétrole sera beaucoup plus courte. Nous aurons à citer tout d'abord un essai du Chemin de fer du Nord avec une sorte de draisine à 4 places mue par un moteur Panhard de 4 *ch*, et un autre essai du Chemin de fer de la Camargue avec un moteur Seguin.

En dehors de ces deux tentatives et des draisines automobiles des Chemins de fer Éthiopiens, Tunisiens, Algériens ou autres, nous croyons qu'il n'existe en exploitation que deux systèmes de voitures à pétrole : les automotrices Daimler au nombre de cinq en service au Wurtemberg et l'automotrice postale Turgan Foy qui vient d'être mise en service sur la ligne de Montélimar à Dieulefit du réseau de la Drôme.

Les voitures à pétrole forment ainsi une seule catégorie.

Pour décrire les voitures à vapeur, nous grouperons ensemble les automotrices de l'État français, de l'État belge, Thomas et Rowan. Les modèles Nicolas, Baldwin, New Jersey, London South Western formeront une deuxième classe ; les automotrices Serpollet, du Wurtemberg, Turgan, du Nord, de Dinard ou de la

Drôme, Purrey, du Paris-Lyon et de l'Orléans, de Dion, de l'État hongrois, Komareck, de Saint-Polten et de Trieste, constitueront la troisième catégorie.

Enfin, les deux grandes voitures du Nord qui peuvent marcher dans les deux sens ne peuvent être rangées avec aucun autre type et doivent être classées à part, de même que la locomotive tender-fourgon Turgan-Foy de la Compagnie française des Chemins de fer (1).

PREMIÈRE CATÉGORIE

Voiture à trois essieux.

VOITURES A VAPEUR DE L'ÉTAT FRANÇAIS.

En 1879, les Chemins de fer de l'État français firent construire deux automotrices, réunissant tous les éléments d'un train complet. La caisse est à deux étages et comporte non seulement des places de 1re, 2e et 3e classe, mais encore un compartiment pour la poste et un fourgon à bagages.

La chaudière est à foyer intérieur amovible et à retour de flammes.

Tout le mécanisme moteur est placé à l'intérieur des roues ; les cylindres sont fixés à un longeron central qui relie les traverses d'avant et d'arrière du châssis de la machine.

Les leviers du régulateur de changement de marche et la manœuvre du frein sont groupés du côté droit de la chaudière à la portée du mécanicien.

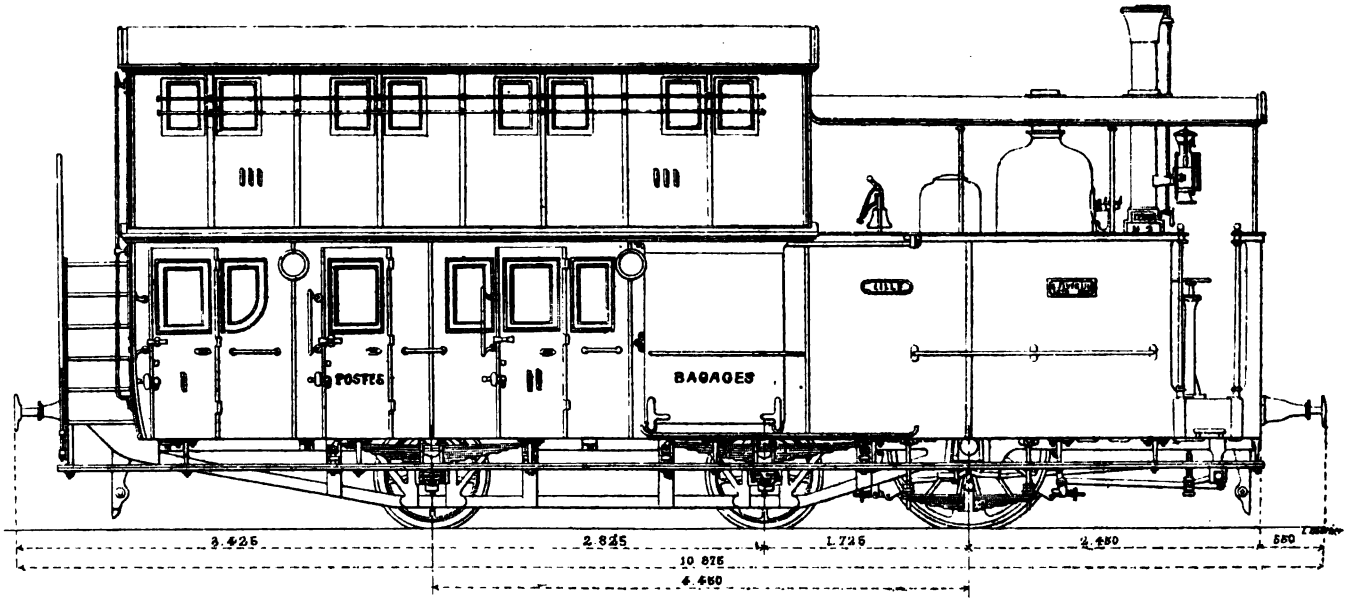
L'ensemble du châssis est porté par trois essieux : deux sont porteurs et celui d'avant seul est moteur.

La chaudière marine à retour de flammes mesure 23 m^2 de surface de chauffe et 0,52 m^2 de surface de grille, elle est timbrée à 9 kg. Les cylindres ont un diamètre de 210 mm et une course de 360 mm ; les roues motrices ont 1,400 m de diamètre.

La voiture pèse 20 t à vide et 28 t en charge complète dont 12 seulement sur l'essieu moteur et 8 sur chacun des autres

(1) Dans les descriptions qui vont suivre on remarquera, d'une manière générale, que la première classe de voitures automotrices n'utilise pour l'adhérence qu'un peu plus du tiers du poids de l'ensemble. Comme ce poids est très faible, l'effort pratique de remorque sans patinage est très limité.

Dans la deuxième et troisième classe la moitié au moins, souvent les deux tiers du poids total, repose sur l'essieu ou le truck moteur ; les voitures rangées dans ces catégories seront donc de bons tracteurs relativement à leur puissance.



Voiture de l'État français.

essieux. La voiture comporte 42 places assises dont 4 de 1re classe et 10 de 2e classe.

Nous n'avons pas pu obtenir de renseignements sur la vitesse en service ni sur les consommations.

Voiture a vapeur Belpaire de l'État Belge.

L'ensemble du châssis repose sur trois essieux, celui du milieu étant seul moteur.

La caisse proprement dite est divisée en trois compartiments: un compartiment de 1re et 2e classes séparées par une cloison à hauteur d'homme et renfermant chacun 12 places; un compartiment de 3e classe contenant 32 places, enfin un fourgon à bagages.

Entre le compartiment de 3e et celui des bagages, se trouve un couloir transversal formant plate-forme d'accès aux 3es classes. L'accès aux 1re et 2e se fait par la plate-forme d'arrière.

La chaudière, type locomotive ordinaire, mesurait 22 m^2 de surface de chauffe et 0,48 m^2 de grille, et était timbrée à 10 *kg*. Elle était placée transversalement. La machine intérieure agissait directement sur l'essieu milieu qui était seul moteur. Les cylindres avaient 170 *mm* de diamètre et 320 de course; les roues motrices mesuraient 920 *mm* de diamètre.

Les poids se répartissaient de la façon suivante :

Poids maximum de l'essieu moteur. . .	9 *t*
— — — d'avant. . .	10 *t*
— — — d'arrière. .	7 *t*
Total. .	26 *t*

La vitesse moyenne était de 25 à 30 *km* à l'heure et la consommation de 25 *kg* d'eau et 5 *kg* de charbon au kilomètre.

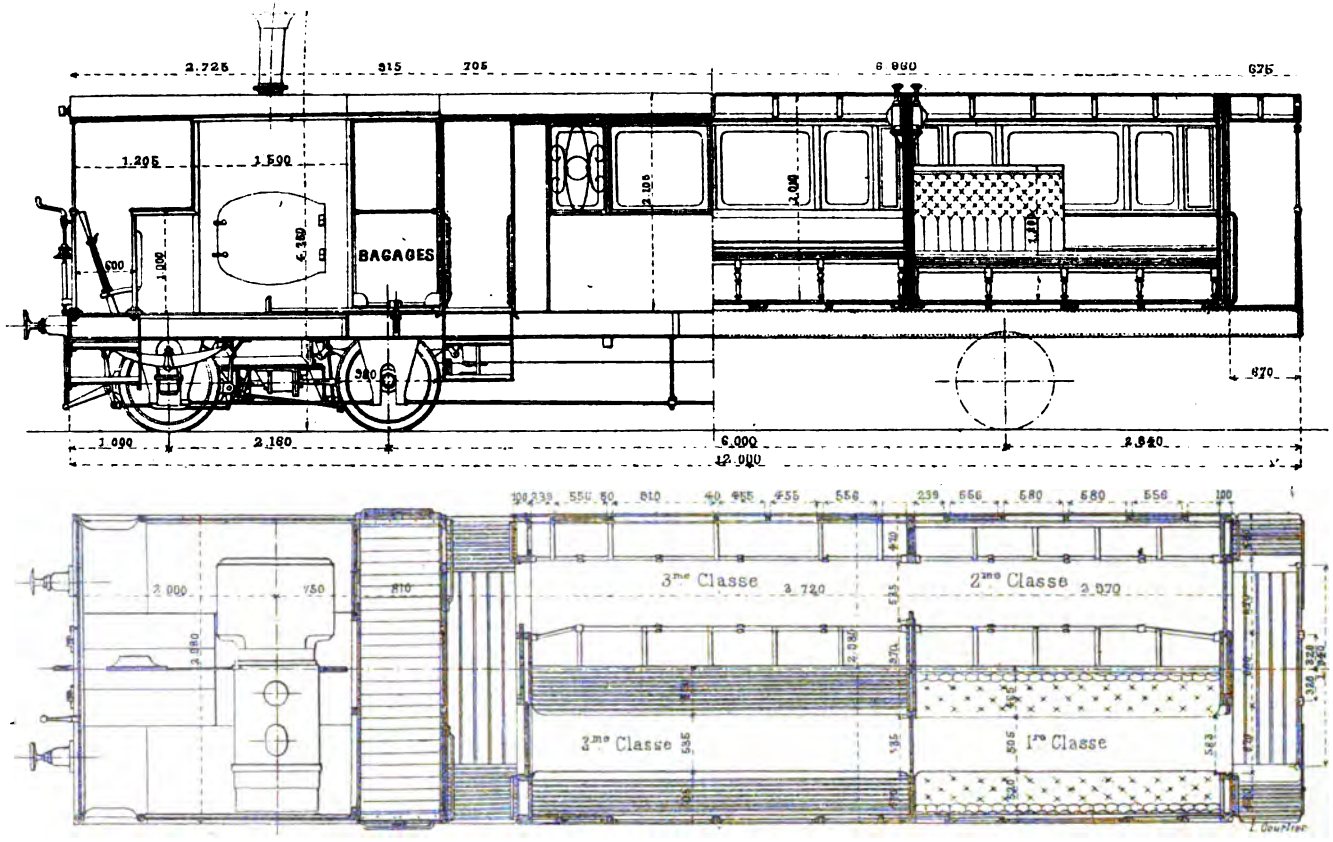
Voitures Thomas.

M. Thomas, Ingénieur aux Chemins de fer de Hesse, construisit en 1880, une voiture semblant très bien résoudre le problème posé.

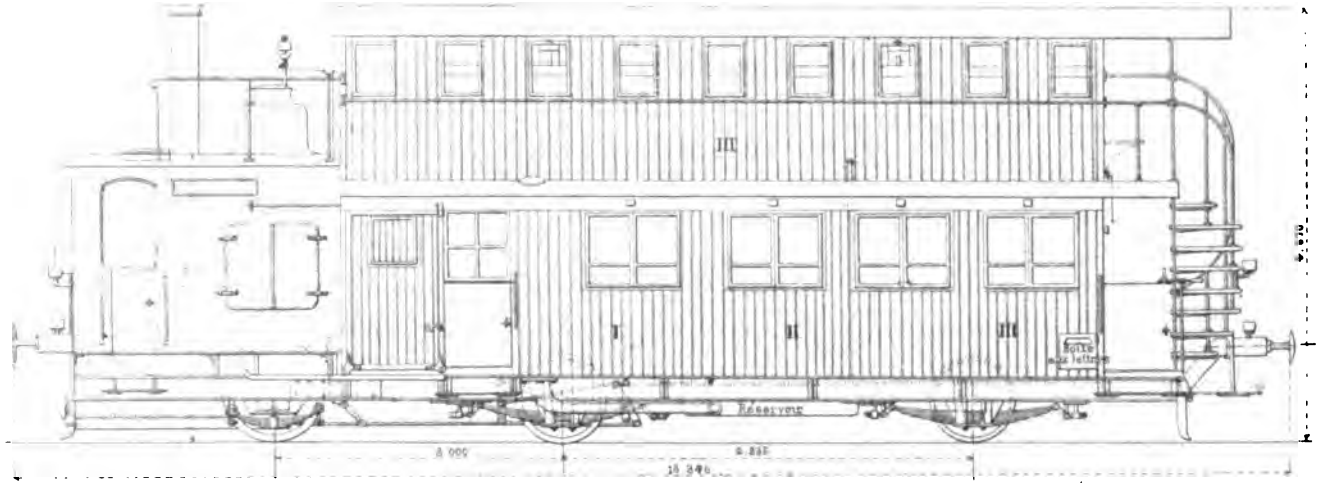
L'ensemble du châssis repose sur trois essieux, celui d'avant étant seul moteur.

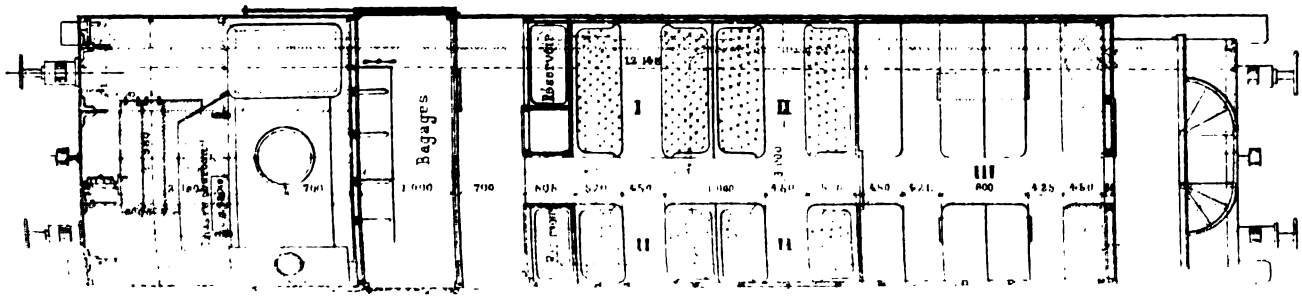
La caisse de la voiture est à deux étages (1), elle peut conte-

(1) Le gabarit en hauteur excédait considérablement le gabarit général des lignes françaises.



Voiture de l'État belge.





Voitures Thomas.

nir à l'étage inférieur 20 places de 1re et de 2e et à l'étage supérieur 40 places assises de 3e classe. Il y a, en outre, un fourgon à bagages et une boite aux lettres; enfin, deux larges plates-formes peuvent recevoir 15 voyageurs debout.

La chaudière, du type locomotive ordinaire, était placée transversalement et mesurait 0,52 m^2 de grille et 34 m^2 de surface de chauffe; le timbre était de 10 *kg*,

La machine intérieure agissant sur l'essieu d'avant était à deux cylindres ayant 220 *mm* de diamètre et 360 *mm* de course.

Les poids se répartissaient de la façon suivante :

Poids sur l'essieu moteur	13 *t*
Poids sur chacun des essieurs porteurs.	9 *t*
Soit environ 30 à 32 *t*.	

Cette voiture consommait 4 *kg* de charbon par kilomètre sur une ligne accidentée, atteignait 25 *km* à l'heure en rampe de 20 *mm* et 55 *km* à l'heure en palier.

Voiture Rowan.

Il a été construit un assez grand nombre de voitures Rowan en particulier pour des tramways. Nous rappellerons seulement les éléments généraux, car ce système a été fréquemment décrit.

En principe, l'automotrice se compose d'une caisse reposant à l'avant sur un bogie moteur portant la machine et la chaudière qui est ainsi indépendante de la caisse et de sa suspension.

La chaudière est verticale et cylindrique; des tubes entre-croisés font communiquer les parois opposées d'une enveloppe d'eau comprise entre deux viroles.

Les cylindres sont horizontaux, placés sur la plate-forme; la transmission et la distribution sont très compliquées.

Nous ne donnerons aucun chiffre ni aucunes dimensions, car les types des automotrice Rowan ont été plutôt employés sur les tramways que sur les chemins de fer.

DEUXIÈME CATÉGORIE

Voitures à Bogies.

Voiture Baldwin.

La voiture Baldwin, construite pour la Dayton Company est à deux bogies. La caisse est celle d'un wagon Pullmann à classe unique.

Le véhicule pèse 22 *t* dont 14,5 *t* portent sur les essieux moteurs.

La chaudière est du type Baldwin fréquemment décrit. L'ensemble est vertical et dans le centre se trouve un grand chargeur central que l'on peut remplir par le toit de la voiture. Le combustible employé est le coke.

Les machines sont compound et comportent quatre cylindres qui ont respectivement deux à deux pour diamètre 140 *mm* et 229 *mm*.

Les roues mesurent 762 *mm* de diamètre. Le résultat donné par la chaudière à chargeur central fut médiocre.

Voiture de New England Ry.

Le New England Ry et l'Erié Railroad firent construire en 1896 une voiture qui avait une certaine analogie avec les Rowan. Cette voiture fut d'ailleurs le résultat de la transformation d'un grand dining-car ayant 19,20 *m* de long et contenant 60 places. La caisse est portée à l'arrière par un bogie à six roues, à l'avant par un bogie à deux essieux moteurs; le bogie portela chaudière verticale et reçoit la charge du châssis par un roulement à billes au travers duquel passe la chaudière.

Le poids en service est de 52 *t* dont 31,5 portant sur le truck moteur.

L'écartement des essieux des bogies est de 2,44*m* et l'empattement total de 17,32*m*.

La chaudière verticale mesure 60 m^2 de surface de chauffe pour une surface de grille de 1,04 m^2 seulement. La pression est de 14 *kg*.

La machine est un mécanisme de locomotive ordinaire. Les cylindres ont un diamètre de 305 *mm* et une course de 406 *mm*. Le diamètre des roues est de 1,06 *m*.

Cette voiture, en rampe de 10 *mm*, peut remorquer une voiture de 34 *t* à 41 *km* à l'heure.

Voiture de la London South Western.

Cette voiture est destinée au service de la banlieue de Portsmouth. L'automotrice a l'aspect d'un grand wagon de rapide et repose sur deux bogies à deux essieux *(fig. 1, Pl. 58)*.

La caisse est divisée en deux classes: l'une de 1re, a 14 places, l'autre de 3e classe, a 32 places; un fourgon est en outre réservé pour les bagages.

La chaudière, placée à l'extrême avant, est verticale avec tu-

bes à eau inclinés dans le foyer. Sa surface de grille est de 0,46 m^2 et sa surface de chauffe de 21 m^2; le timbre est de 10,5 *kg*.

Les cylindres, inclinés de un dixième, ont un diamètre de 178 *mm* et une course de 250 *mm*. L'essieu d'avant du bogie moteur est seul commandé par les machines, les essieux n'étant pas couplés.

L'effort de traction est seulement de 670 *kg*. Le poids de l'automotrice est de 23 *t*, dont 14 sur le bogie moteur et la moitié seulement sur l'essieu moteur.

La vitesse maxima en palier est de 50 *km* à l'heure.

TROISIÈME CATÉGORIE

Voitures à deux Essieux

Voiture Serpollet du Wurtemberg.

Le châssis repose sur deux essieux, celui d'avant étant seul moteur.

La caisse de la voiture ne contient qu'une seule classe de voyageurs et comporte 32 places assises et 12 debout.

La chaudière Serpollet, placée sur la plate-forme d'avant, a une surface de 11m^2 et une surface de grille de 0,46 m^2.

Les cylindres sont extérieurs et agissent directement sur l'essieu d'avant; la distribution est du système Walchaerts. Les cylindres ont 210 *mm* de diamètre et 300 *mm* de course; le diamètre des roues motrices est de 1 *m*.

Le poids total à vide est de 17,4 *t* et de 20,5 *t* en charge, dont 12,5 *t* sur l'essieu d'avant et 8 *t* sur l'essieu arrière.

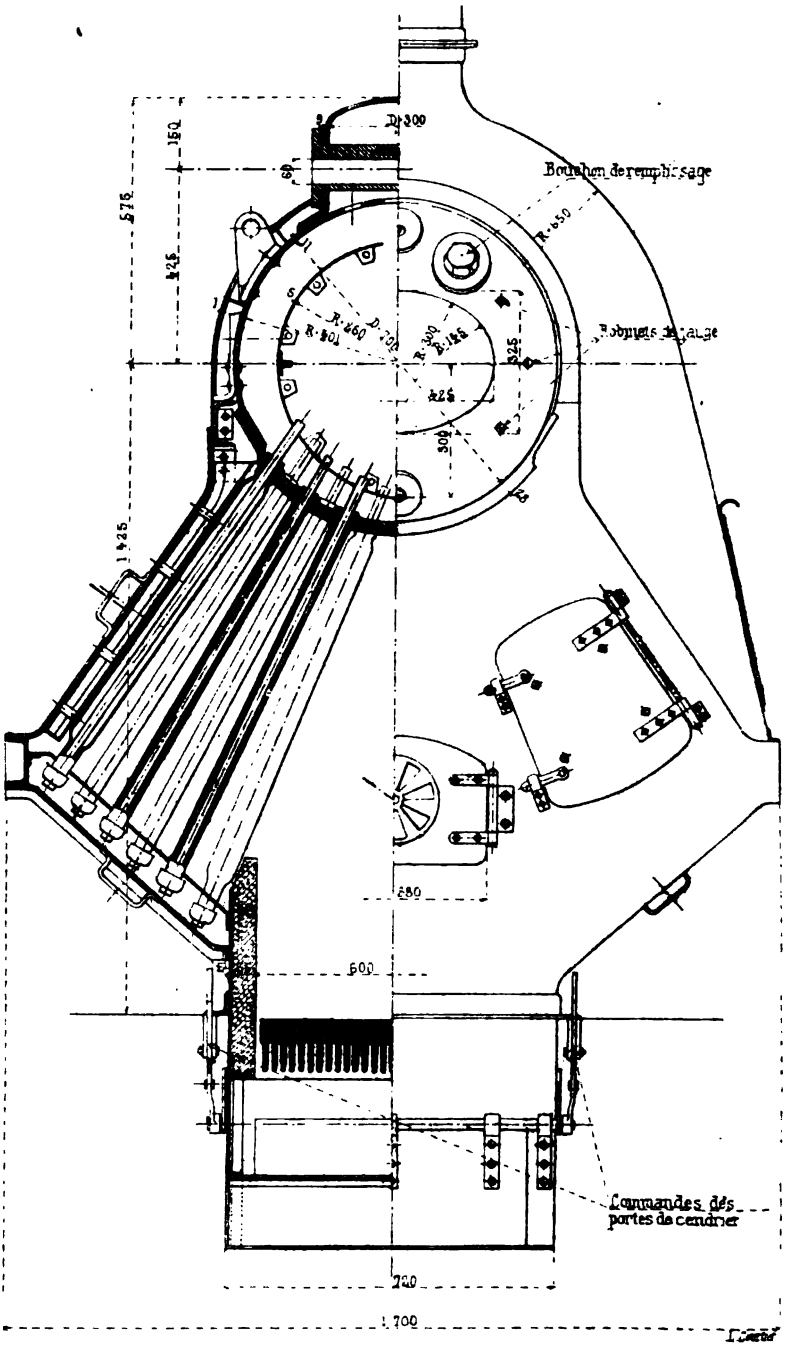
Aux essais, avec la voiture seule en palier, la vitesse s'est maintenue entre 35 et 40 *km* à l'heure, et la consommation s'est élevée à 15 *kg* d'eau et 2,5 *kg* de charbon par kilomètre.

Voiture postale du Nord.

La voiture automobile postale du Nord français a l'aspect d'un petit wagon ordinaire à deux essieux, et pèse 15 *t*. L'essieu d'avant est seul moteur; deux cylindres égaux placés en arrière des roues avant agissent directement sur celles-ci *(fig. 2, Pl. 58)*.

Les cylindres ont 180 *mm* de diamètre et 250 *mm* de course et les roues ont 1,04 *m* de diamètre,

La chaudière, du type Turgan, mesure 17 m^2 de surface de



Chaudière Turgan.

chauffe et 0,50 m^2 de grille. Le timbre est de 18 *kg*. Le service est assuré très facilement par un seul homme.

En général, l'automobile remorque toujours deux grands wagons chargés pesant ensemble 30 *t*. La dépense moyenne de combustible, non compris l'allumage, est de 3 *kg* de charbon au kilomètre et la vitesse moyenne commerciale avec remorque est de 37 *km* à l'heure.

Ce type de voiture un peu allongé représente un excellent modèle d'automotrice pour lignes à faible trafic, à longs battements aux extrémités qui permettent de retourner la voiture comme une locomotive ordinaire. Les résultats d'exploitation de l'automobile postale du Nord sont très économiques et les frais d'entretien sont très faibles. Cette voiture est d'ailleurs la seule automotrice qui ait été en service régulier pendant plusieurs années consécutives.

Voitures de la Compagnie de Dinard a Saint-Briac.

Les voitures automotrices à voie étroite des Chemins de fer de Dinard à Saint-Briac comportent deux compartiments et deux plates-formes contenant trente-deux places.

A l'avant, sur une grande plate-forme, se trouvent la chaudière et les organes de commande. La chaudière Turgan a 15 m^2 de surface de chauffe et 0,40 m^2 de grille; elle est timbrée à 18 *kg*.

Le mécanisme est un mouvement ordinaire de petite machine à deux essieux couplés. Les cylindres ont 210 *mm* de diamètre et 300 *mm* de course *(fig. 3, Pl. 58)*.

Pour passer dans des courbes de 20 *m* de rayon, l'empattement a été réduit à 1,900 *m*, ce qui a entraîné à un porte-à-faux à l'arrière trop considérable.

Les automotrices font le service avec une voiture de remorque. La ligne desservie est très dure; il y a de courtes rampes de 55 et même de 60 *mm* et une longue rampe de 40 *mm* sur 1 200 *m*. Les arrêts sont fréquents et, par suite, les démarrages nombreux. La consommation de charbon, due au profil très accidenté, est de 3,6 *kg* de charbon environ.

Voitures de la Compagnie de la Drôme.

L'automotrice du Chemin de fer de la Drôme ne comporte que seize places dans deux compartiments; il y a, en outre, un petit fourgon à bagages. L'ensemble de la voiture pèse à peine 11 *t* en charge.

La chaudière Turgan, de 12,50 m^2 de surface de chauffe et 0,35 m^2 de surface de grille avec réchauffeur d'eau d'alimentation dans la cheminée et surchauffeur de vapeur dans le foyer, est placée tout à fait à l'avant. Cette disposition offre de très grands avantages lorsque la voiture est conduite par un seul homme.

Le poids de cette chaudière est très faible et, par suite, le porte-à-faux n'offre aucun inconvénient *(fig. 4, Pl. 58)*.

La machine est à deux cylindres égaux de 165 *mm* de diamètre et 150 *mm* de course. Elle présente une disposition toute spéciale. L'attaque de l'essieu se fait, en effet, par engrenages, et la machine portée par l'essieu grâce à deux paliers solidaires de son bâti est suspendue au châssis en un troisième point fixe; des ressorts en spirale amortissent les mouvements.

Grâce à ce dispositif, la machine est très légère, la démultiplication lui permettant de tourner à un grand nombre de tours, et le mécanisme est entièrement protégé.

Les essieux sont couplés pour obtenir une adhérence suffisante.

Le service se fait avec une voiture de remorque de 10 *t* en rampes très longues (3 *km* de 35 *mm* par mètre). La dépense de combustible ressort à 2,5 *kg*. La vitesse est de 12 *km* à l'heure en rampe et peut atteindre 42 *km* à l'heure en palier. Dans quelques essais préliminaires, la voiture seule a fait quelques parcours dans lesquels la consommation est descendue à 1,700 *kg* au kilomètre.

Ces bons résultats sont obtenus grâce au réchauffeur d'eau d'alimentation et au surchauffeur, qui ont confirmé ceux qu'ils avaient donnés dans d'autres applications.

Voitures Purrey du P.-L.-M.

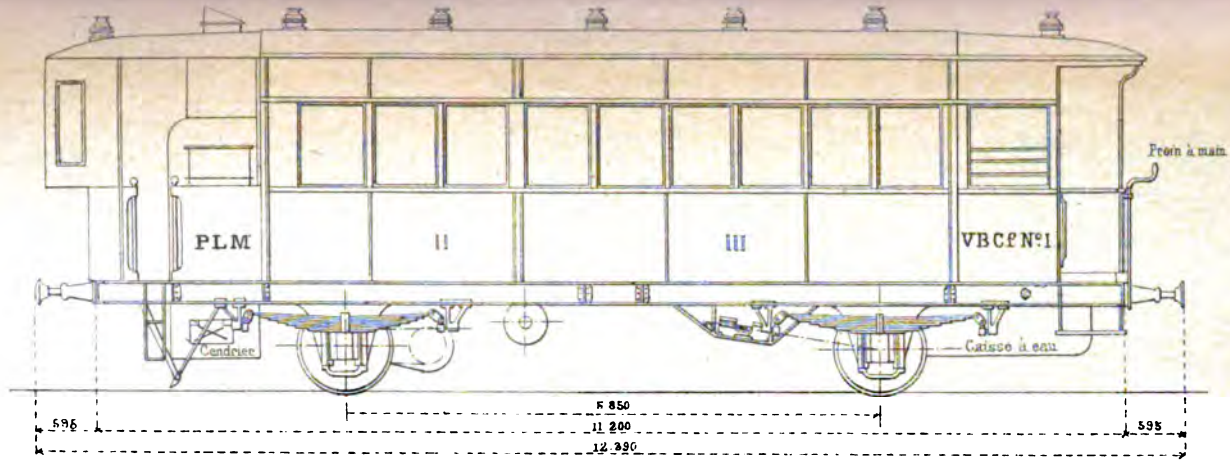
La voiture Purrey de la Compagnie des Chemins de fer P.-L.-M. se compose d'une plate-forme à l'avant pour la chaudière et le mécanicien, deux compartiments au milieu pour les voyageurs et une plate-forme à l'arrière pour le conducteur et les bagages.

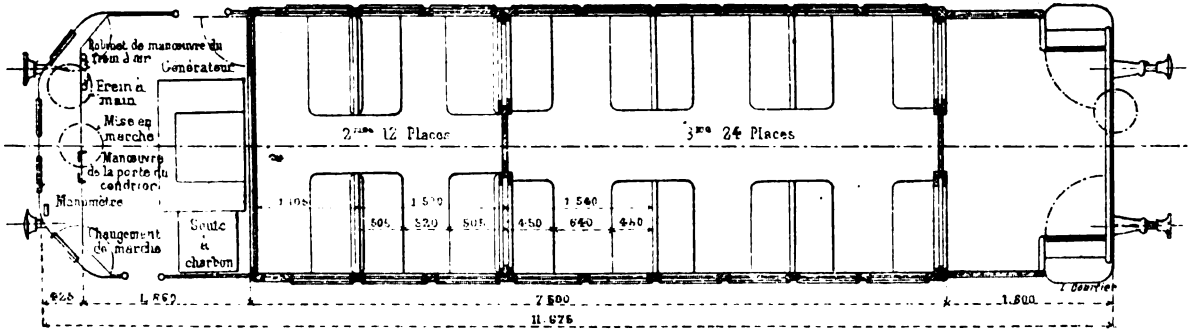
La chaudière, du type Purrey, est timbrée à 20 *kg*; elle mesure 26 m^2 de surface de chauffe pour 0,84 m^2 de grille.

Ces générateurs n'ont ni tube de niveau ni robinet de jauge.

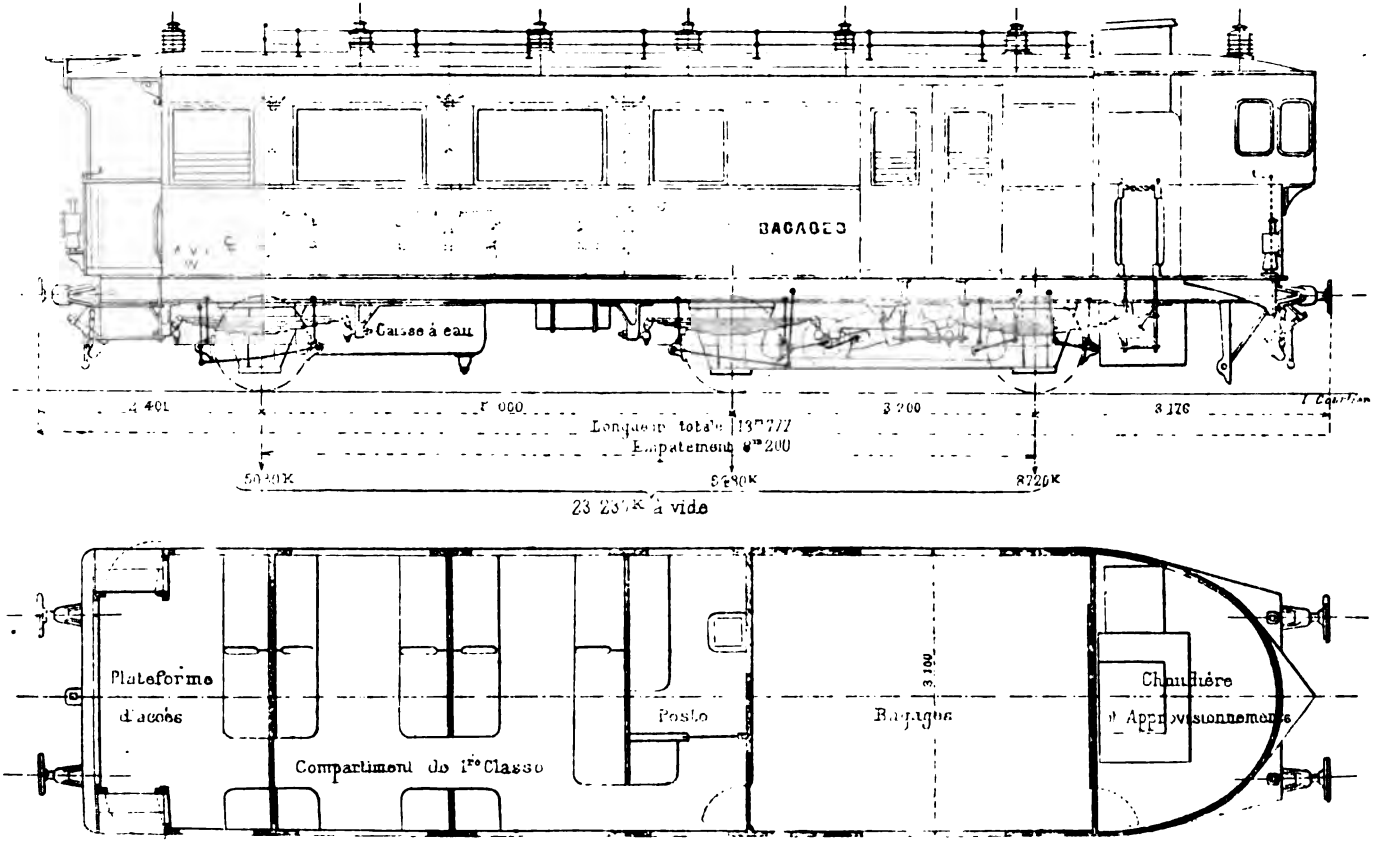
Ils sont chauffés au coke et le chargement est automatique grâce à une trémie.

Le cendrier a deux portes que le mécanicien peut manœuvrer





Voiture Purrey du P.-L.-M.



Voiture Purrey de l'Orléans.

à son gré, c'est le seul moyen dont il dispose pour conduire son feu. L'alimentation est automatique.

Le moteur est à quatre cylindres, montés en compound tandem, qui ont pour diamètres de 140 à 200 *mm*. La course commune est de 200 *mm*. Le mouvement se transmet à l'essieu moteur au moyen de chaînes « Varietur » très larges. Le changement de marche présente des particularités que nous nous bornerons à mentionner. La voiture seule pèse en charge 23,8 *t*. La consommation varie entre 2,700 *kg* de coke pour la voiture seule à faible vitesse et 4,500 *kg* de coke pour la voiture et une remorque de 14 *t* en marche tendue.

Voiture Purrey de l'Orléans.

La voiture Purrey de l'Orléans a les mêmes équipements mécaniques que celle du P.-L.-M., mais le châssis et la caisse sont différents. Le châssis est porté par trois essieux, celui du milieu étant moteur. La caisse ne comprend qu'un seul compartiment à voyageurs de vingt-six places, mais elle renferme un grand fourgon à bagages et un compartiment pour la poste *(fig. 5, Pl. 58)*.

Dans les essais de recette, sur le parcours de Bordeaux à Eymet (voir page 506), la voiture remorquant un wagon de 17 *t*, la consommation a été de 3 *kg* de coke au kilomètre, allumage non compris, et la vitesse de 40 *km* à l'heure (1).

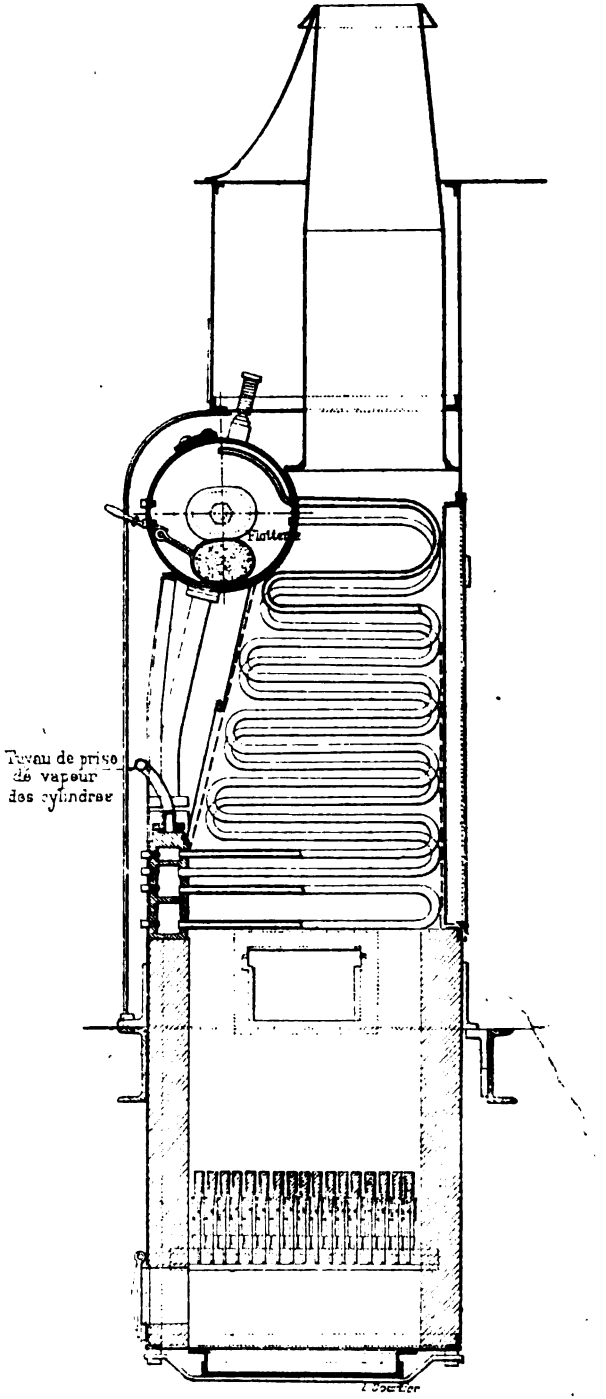
Voitures Komareck et de Dion.

En Autriche, M. Komareck, dont l'usine est à Vienne, a construit trois automotrices à voie de 0,75 *m*.

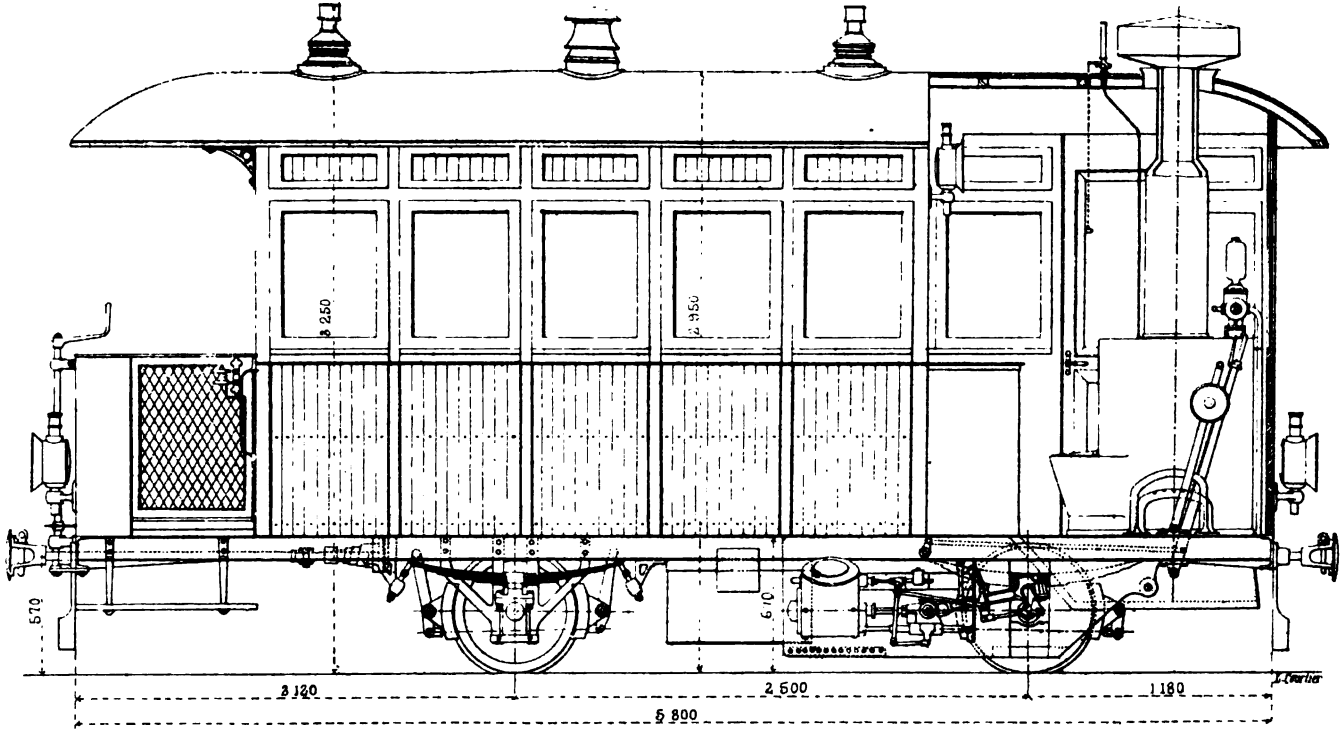
La caisse est à classe unique et comporte quatorze places assises et quatre de plate-forme. La voiture, de petites dimensions, est très légère, elle ne pèse que 3 *t* à vide et 5 *t* en charge.

Le châssis repose sur deux essieux ayant un empattement de 2,500 *m* ; l'essieu d'avant est seul moteur. Il reçoit son mouvement de deux cylindres placés en arrière. Ces cylindres disposés en compound mesurent respectivement 130 *mm* et 200 *mm* de diamètre pour 200 *mm* de course. La chaudière verticale, placée à l'extrême avant, mesure seulement 5 m^2 de surface de chauffe.

(1) Nous devons les plans et photographies des voitures Purrey à l'obligeance de M. Godfernaux, secrétaire de la *Revue des Chemins de fer*, et de M. l'Ingénieur en chef de la traction de l'Orléans à qui nous exprimons tous nos remerciements.



Chaudière Purrey.



Voiture Komareck.

Expériences de traction du 12 mai 1903 (Bordeaux à Eymet et retour).

VOITURE AUTOMOTRICE AVI REMORQUANT LE DYNAMOMÈTRE SEUL.

TABLEAU DES TRAVAUX ET DES DÉPENSES

	BORDEAUX (Bastide) à EYMET	EYMET à BORDEAUX (Bastide)	MOYENNE
Tonnage des trains (wagon dynamomètre remorqué seul). . . . . *t*	17 000	17 000	
Durée totale de la marche (arrêts déduits, neuf à l'aller, six au retour) . . .	2 h. 30 m. 10 s.	2 h. 31 m. 11 s.	
Durée des arrêts	27 m. 8 s.	11 m. 6 s.	
Travail positif en 1 000 *kgm* au crochet de traction	15 188,5	14 456	
Eau. Consommation d'eau totale (en litres) . . . . . *l*	1 692	1 584	
Eau. — par 1 000 *kgm* de travail positif . . . . . *l*	0,111	0,109	0,110
Combustible. Consommation de coke totale . . . . . *kg*	325	275	
Combustible. — par 1 000 *kgm* de travail positif. . . *kg*	0,0214	0,0190	0,0202
Quantité d'eau vaporisée par kilogramme de coke . . . . . *kg*	6,129	5,760	5,944
Consommation de coke par heure du temps de marche (arrêts déduits). . . *kg*	130	109	
Consommation par 100 tonnes-kilomètre sur un poids de 42 *t.* (Automotrice, 25 *t.* — Dynamomètre, 17 *t.*) Eau . . . *kg*	38,7	36,2	
Consommation par 100 tonnes-kilomètre sur un poids de 42 *t.* (Automotrice, 25 *t.* — Dynamomètre, 17 *t.*) Coke . . . *kg*	7,43	6,30	

QUATRIÈME CATÉGORIE

Voiture à vapeur du Nord français marchant dans les deux sens.

Les deux grandes voitures à vapeur du Nord sont d'un type tout spécial et constituent à elles seules la classe des voitures qui peuvent circuler dans les deux sens. Elles mesurent 26,200 *m* de longueur et pèsent 45 *t*. Elles constituent plutôt un ensemble automoteur qu'une véritable automotrice, car elles sont constituées par trois éléments à deux essieux chacun : une locomotive-fourgon et deux autres voitures. Mais l'élément moteur se trouve au milieu et est attelé aux voitures qu'il remorque ou pousse par des accouplements Bricogne.

L'élément moteur, qui pèse environ 20 *t*, porte une chaudière Turgan, timbrée à 18 *kg*, de 30 m^2 de surface de chauffe et 0,$m^2$80 de grille, les caisses à eau et un fourgon à bagages de 2,500 *m* de longueur *(fig. 6, Pl. 58)*.

La machine est compound, le petit cylindre agissant sur une roue et le grand cylindre sur l'autre. Le petit cylindre a 195 *mm* de diamètre et le grand cylindre 250 *mm* ; la course commune est de 320 *mm*.

Les roues ont un diamètre de 1,04 *m*. L'effort de traction théorique est de 2100 *kg*.

Un mécanisme spécial permet d'admettre la vapeur dans le grand cylindre, non seulement à la pression de la chaudière, mais encore à une pression quelconque.

En abordant la construction des voitures automotrices, M. du Bousquet s'était imposé un programme des plus difficiles et il a tenu à le résoudre dans tous ses points.

Il a voulu établir une voiture de soixante places, marchant dans les deux sens sans être retournée, dont le mécanisme devait être assez simple pour être conduit par un seul mécanicien, et la puissance assez grande pour gravir une rampe continue de 5 *mm* à 55 *km* à l'heure.

La chaudière a été placée, avec tout l'ensemble du mouvement, dans le milieu de la voiture, et le plancher du poste du mécanicien a été assez surélevé pour que ce dernier puisse voir les signaux même par-dessus le toit des voitures poussées ou remorquées.

Les caisses des voitures ont été désaxées, d'autre part, par rap-

port au plan diamétral de l'ensemble du véhicule. L'une des caisses est repoussée vers la droite et l'autre vers la gauche, l'ensemble étant symétrique par rapport à la diagonale. La visibilité est ainsi assurée par un large couloir latéral. Les mécanismes de commandes sont groupés en deux postes servant alternativement et placés chacun en face de l'un de ces couloirs. La pratique a démontré que le but poursuivi a été parfaitement atteint et que la visibilité était excellente sur les voies gardées.

En outre du fourgon à bagages porté, comme nous l'avons dit, par l'élément moteur, les deux voitures comportent l'une un compartiment de 3e classe à vingt-huit places assises et douze debout, l'autre deux compartiments de 1re et 2e classe. Le compartiment de 1re classe comprend huit places et celui de 2e classe quatorze places assises et six debout.

Cette voiture gravit la rampe de Survilliers à 65 *km* à l'heure de moyenne; la consommation de charbon varie entre 6 et 7 *kg* au kilomètre. Les arrêts sont fréquents et néanmoins la vitesse commerciale est élevée.

Aussi la combustion par mètre carré de grille atteint elle 360 *kg*, la production de vapeur correspondante étant de 70 *kg* de vapeur par mètre carré de surface de chauffe.

Pour le poids de la voiture et la vitesse à soutenir, le service devant être fait par un seul homme, il semble que la chaudière devrait avoir de plus grandes dimensions afin de réaliser un fonctionnement réellement économique.

CINQUIÈME CATÉGORIE

Locomotive tender-fourgon.

L'État français qui a construit les premières automotrices à vapeur a également établi, le premier, des locomotives tender-fourgon permettant de bénéficier de la loi de 1880 sur les trains légers. Une de ces machines figurait même à l'Exposition de 1900. La chaudière du type locomotive est très longue, aussi est-on obligé, pour avoir la place d'un fourgon, de prolonger le châssis assez loin en porte-à-faux de l'essieu d'arrière. Il en résulte un mouvement de lacet assez prononcé et particulièrement désagréable dans les courbes de faible rayon.

La Compagnie française des chemins de fer, qui exploitait déjà sur un de ses réseaux deux automotrices à générateur Turgan, fit construire, par MM. Turgan et Foy, une locomotive tender-fourgon

en utilisant ce même générateur dont l'encombrement est faible.

Le problème était assez difficile à résoudre.

Le poids ne devait pas dépasser 16 *t*. L'empatement était seulement de 1,900 *m*, le gabarit de 2 *m* de largeur, la chaudière devait avoir 40 m^2 de surface et le fourgon au moins 2 *m* de long sur toute la largeur.

Enfin la caisse à eau devait avoir un volume de 2 m^3.

Le premier modèle de locomotive-fourgon avec chaudière multibulaire devait ainsi être réalisé dans les plus mauvaises conditions.

Néanmoins, si l'on accepte la trop grande hauteur de la chaudière et du fourgon qui aurait pu, d'ailleurs, être diminuée et le sera sur les nouvelles locomotives à construire, le programme a été exécuté dans son entier.

Le châssis est un châssis de locomotive ordinaire à trois essieux couplés pour voie étroite. Les cylindres ont 280 *mm* de diamètre et 400 *mm* de course; les roues ont 800 *mm* de diamètre, ce qui donne pour une pression de 18 *kg* à la chaudière un effort de traction considérable limité, d'ailleurs, par l'adhérence dans les fortes rampes.

La chaudière mesure 40 m^2 de surface de chauffe et 0,90 m^2 de grille; le tirage est direct et vers l'avant se trouvent une boîte à fumée et une cheminée comme dans les locomotives ordinaires. La production de vapeur peut atteindre 80 *kg* par mètre carré de surface de chauffe. Tous les organes de commande sont groupés dans la main du mécanicien.

A l'arrière de la chambre de chauffe se trouve le fourgon à bagages, qui communique par de larges portes soit avec cette chambre de chauffe, soit avec les voitures du train.

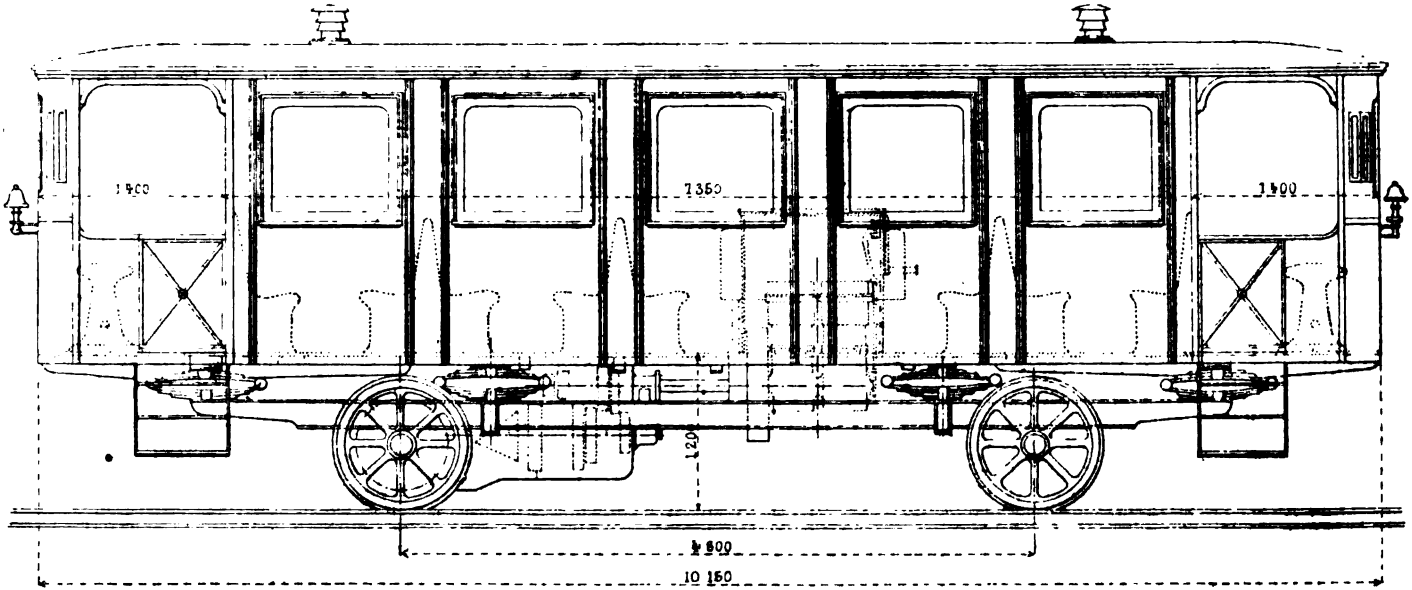
Nous arrêterons ici la série de description des divers véhicules à vapeur et nous examinerons maintenant les voitures à pétrole Daimler et Turgan-Foy.

Automobiles à pétrole.

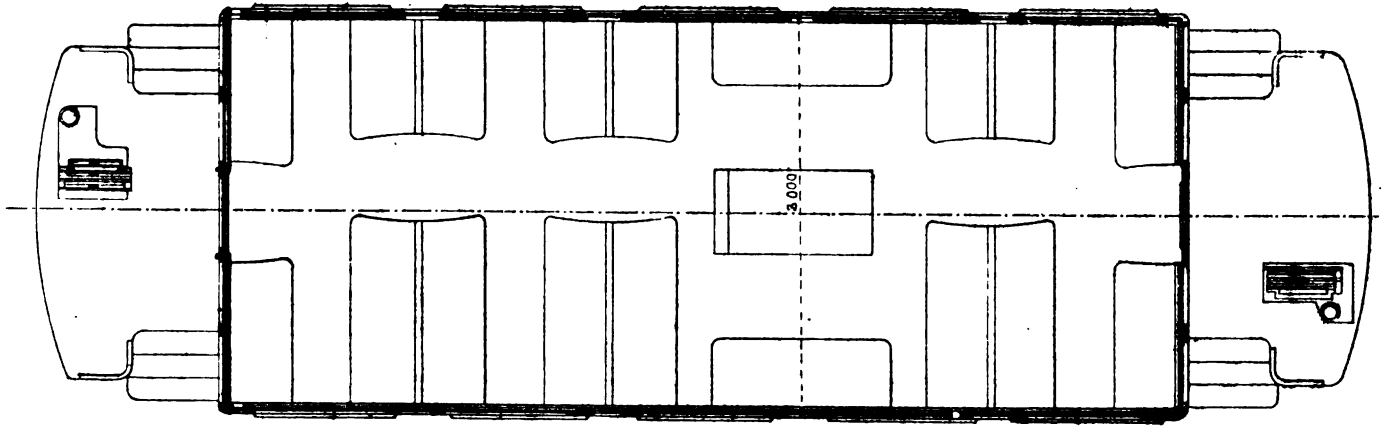
Voitures a pétrole du Wurtemberg.

Les établissements Daimler, de Cannstadt, ont construit cinq voitures à pétrole pour ces mêmes chemins de fer de Wurtemberg qui essayaient la voiture Thomas en 1877 et la voiture Serpollet en 1897.

Les voitures Daimler sont de deux types, comme puissance,



Voiture à pétrole du Wurtemberg.



Voiture à pétrole du Wurtemberg.

Essais de l'automotrice n° 2 Daimler.

Charge. . . . { 3 050 *kg* de lest ; 450 *kg* (6 voyageurs) ; } 3 500 *kg* ; trajet parcouru : **Cannstatt-Goppingen.**

Charge. . . . { 2 650 *kg* de lest ; 450 *kg* (6 voyageurs) ; } 3 100 *kg* ; trajet parcouru : **Goppingen-Geislingen-Cannstatt.**

Poids de la voiture : 12 500 *kg* (y compris benzine, eau et outillage).

STATIONS	TEMPS	DISTANCE	STATIONS	TEMPS	DISTANCE
	minutes	kilom.		minutes	kilom.
Cannstatt . . . . dép. 8^{57}			**Geislingen** . . . . dép. 1^{30}		
	10	4		9	5
Untertürkheim . 9^{07}			Kuchen . . . . . 1^{39}		
	6	2		5	2
Obertürkheim . . 9^{13}			Gingen . . . . . arr. 1^{44}		
	8,5	4	— . . . . . dép. 1^{48}		
Esslingen . . . . arr. $9^{21,5}$				5,5	4
			Süssen . . . . . $1^{53,5}$		
— . . . . dép. 9^{30}				7	4
	17	9	Eislingen . . . . $2^{00,5}$		
Plochingen . . . arr. 9^{47}				8	4
			Göppingen. . . . arr. $2^{08,5}$		
— . . . dép. 9^{56}			— . . . . dép. $2^{11,5}$		
	7	4		8	5
Reichenbach. . . 10^{03}			Uhingen . . . . arr. $2^{19,5}$		
	7	5	— . . . . dép. 2^{29}		
Ebersbach. . . . 10^{10}				7	5
	8	5	Ebersbach . . . arr. $2^{30,5}$		
Uhingen. . . . . arr. 10^{18}			— . . . dép. 2^{47}		
				8	5
— . . . . . dép. 10^{20}			Reichenbach. . . $2^{48,5}$		
	11	5		6,5	4
Göppingen. . . . arr. 10^{31}			Plochingen . . . arr. 2^{55}		
			— . . . dép. 2^{57}		
— . . . . dép. 10^{57}				5,5	3
	9	4	Altbach. . . . . $3^{02,5}$		
Eislingen . . . . 11^{06}				9,5	6
	9	4	Esslingen . . . . arr. 3^{12}		
Süssen . . . . . 11^{15}			— . . . . dép. $3^{16,5}$		
	7	4		9	4
Gingen . . . . . 11^{22}			Obertürkheim . . $3^{25,5}$		
	18	7	— . . dép. 3^{33}		
Geislingen . . . . arr. 11^{40}				5,5	2
			Untertürkheim . 3^{34}	5,5	4
			Cannstatt. . . . . arr. $3^{39,5}$		
Cannstatt-Geislingen.	117 5	57	**Geislingen-Cannstatt**.	99	57
Vitesse moyenne à l'heure : 29,1 *km*.			Vitesse moyenne à l'heure : 34,5 *km*.		
Mise en marche du moteur à 8^{12} / Arrêt du moteur à . . 11^{50}	3 h. 38 m. de service.		Mise en marche du moteur à 1^{24} / Arrêt du moteur à . . . 3^{50}	2 h. 26 m. de service.	

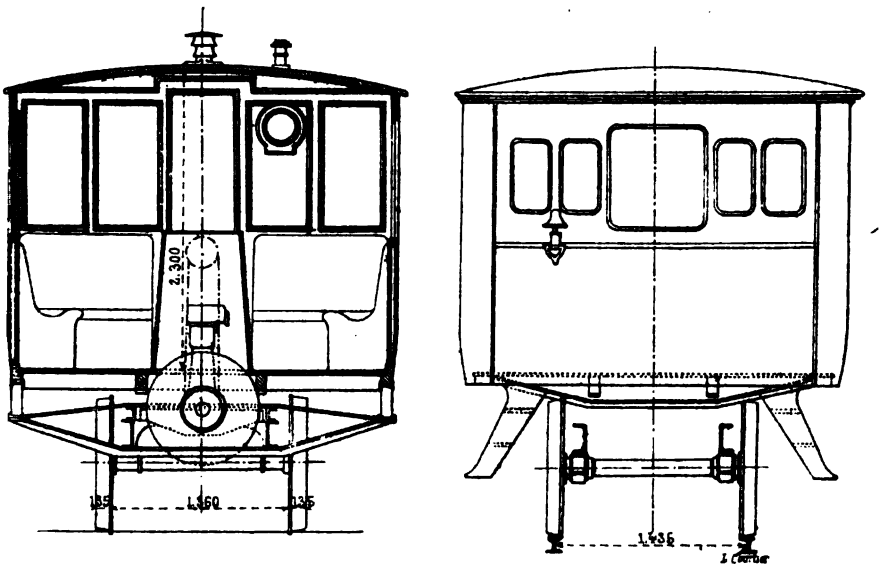
Consommation de benzine : 32,5 *kg*. — Consommation par kilomètre : 285 *gr*.

Vitesse moyenne : 31,6 *km* à l'heure,

pour le parcours : **Cannstatt-Geislingen-Cannstatt.**

poids et nombre de places, mais la disposition générale reste la même. Le moteur et la transmission reposent directement sur les essieux et la caisse seule est suspendue *(fig. 7, Pl. 58)*.

Le moteur est à quatre cylindres du type Mercédès Simplex. Il est placé au milieu de la voiture et est enfermé dans un coffre. Le mécanicien ne s'en occupe pas et commande toutes les manœuvres d'une des deux plates-formes placées aux extrémités de



Voiture à pétrole de Wurtemberg.

la caisse ; de la sorte, la voiture peut marcher indistinctement dans les deux sens.

L'arbre du moteur est placé dans l'axe longitudinal de la voiture ; il porte un embrayage dont la partie mâle est solidaire de l'arbre du changement de vitesse.

Celui-ci comporte un train d'engrenages donnant quatre vitesses ; deux engrenages d'angle renvoient le mouvement à deux arbres transversaux, qui portent à leur extrémité deux petits pignons qui engrènent sur des couronnes dentées fixées sur les roues arrière motrices.

Voitures a pétrole de la Drome.

MM. Turgan, Foy et C^ie^ ont réalisé pour la Compagnie de la Drôme le premier tramway à pétrole qui ait été mis en service régulier en France.

L'ensemble, extrêmement léger, ne pèse que 2500 *kg* et cependant la caisse contient quatorze places assises et une plate-forme.

Le moteur est placé à l'avant, à côté du poste du mécanicien; il est à quatre cylindres et développe 15 *ch*; l'arbre est placé suivant l'axe longitudinal de la voiture; il se prolonge de l'autre côté de l'embrayage dans une boîte de changement de vitesses à deux vitesses et marche arrière qui se manœuvrent au moyen d'un seul levier *(fig. 8, Pl. 58)*.

De la boîte de changement de vitesse le mouvement est transmis directement à l'essieu moteur par un arbre avec des joints de cardan et un engrenage d'angle.

Les deux essieux sont couplés par une bielle extérieure.

Les essais faits jusqu'ici ont permis de constater que la marche de la voiture était satisfaisante; la consommation est d'environ 160 *gr* au kilomètre lorsque la vitesse moyenne est de 25 *km*, malgré une très longue rampe de 35 *mm*.

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE DES CONDITIONS D'EXPLOITATION

La rapide énumération de plus de vingt types différents d'automotrices prouve que le problème a reçu de nombreuses solutions. Pour savoir si quelques-unes de ces voitures répondent bien aux exigences d'une exploitation pratique et économique, il nous faut maintenant étudier quels sont les besoins des Compagnies et dans quels cas elles ont intérêt à utiliser ces véhicules.

Il nous faut, en effet, savoir si l'insuccès relatif des automotrices constaté au Congrès de 1900 provient, non pas de ce qu'il n'existe pas de bons modèles de véhicules, mais de ce que les services d'exploitation ne savent pas ou ne peuvent pas utiliser les voitures qui leur sont données par les services techniques.

Nous passerons successivement en revue les desiderata des lignes à voie normale et à voie étroite, mais, dans les deux cas, l'on peut établir deux catégories bien nettes qui s'imposent d'elles-mêmes parmi les lignes qui peuvent être exploitées avec des automotrices.

Les unes ont un trafic relativement intense ; les autres, au contraire, ne présentent qu'un trafic très faible.

Les premières sont, le plus souvent, des sections exploitées en navette, sur lesquelles il est des plus intéressant de substituer des sortes de trains tramways à départs fréquents et à vitesse commerciale élevée aux trains lourds ne pouvant avoir lieu qu'à des intervalles de temps très espacés.

Les secondes sont le plus souvent des lignes secondaires à profil accidenté sur lesquelles on fait circuler des machines lourdes et, par suite, très coûteuses en combustible.

En dehors de ces deux grandes classes, nous parlerons ici pour mémoire seulement de la substitution possible d'automotrices très rapides aux trains de luxe à grande vitesse.

Bien souvent cette question a été mise en avant, mais jusqu'ici l'électricité a permis dans des essais bien connus de résoudre le problème, et il y a quelques jours à peine, à Marienfeld, une automotrice électrique atteignait une vitesse de 210 *km* à l'heure.

Nous avons été entretenu ici même de ces expériences par plusieurs de nos Collègues ; nous n'en parlerons pas, cela sortirait de notre cadre.

Par contre, malgré de nombreux projets lancés de temps en temps dans les revues techniques, il n'existe aucune voiture automotrice à vapeur à grande vitesse ; les plus rapides atteignent, en effet, au maximum 80 *km* à l'heure comme celles du Nord français que nous avons décrites.

Le moteur à mélange tonnant permettrait de concevoir une voiture de luxe à très grande vitesse, mais aucun type n'a encore été construit. Il serait cependant très possible d'établir une voiture de 500 *ch* qui ne pèserait que 25 *t* ; malheureusement, la dépense de combustible en France serait prohibitive (1).

Nous n'insisterons pas plus longuement sur ce problème spécial et nous reviendrons à l'examen des deux principales applications des automotrices :

1° Service de navette à circulation intensive ;

2° Services à très faibles trafics.

Dans le premier cas, il faut une grande vitesse en route et des démarrages rapides. Les battements très courts aux extrémités des lignes ne permettant aucune manœuvre, il est indispensable que la voiture puisse circuler indistinctement dans les deux sens. D'autre part, comme l'automotrice assure un service

(1) La transmission électrique permettrait d'obtenir facilement l'adhérence totale.

de tramway à grande vitesse, le nombre des places offertes doit être très grand.

La réalisation de ce problème qui conduit à de grandes dimensions du véhicule est remplie de difficultés. Seul, M. du Bousquet tenta de les résoudre, et il y parvint, comme nous avons pu le voir en décrivant les voitures qu'il a étudiées.

Mais il serait désirable que le poids de l'ensemble automoteur ne dépassât pas 30 à 34 *t*, afin d'obtenir une exploitation réellement économique, car il est bien évident que l'on ne peut pas espérer obtenir avec une voiture de 45 *t* par exemple, très longue, très dure à démarrer en bloc, marchant à 50 ou 60 *km* à l'heure, une consommation de charbon inférieure à celle d'une locomotive du même poids suivant haut le pied le même itinéraire et le même horaire.

L'automotrice utilisée sur des navettes marche le plus souvent seule pour conserver son autonomie et ne peut être utilisée comme tracteur que rarement; elle ne remorquera jamais plus, en tous cas, qu'un wagon de messageries de 15 *t*.

Les lignes à voie étroite ont aussi fréquemment à exploiter de petites sections en navette, mais les battements sont toujours assez longs pour permettre le retournement de l'automotrice.

Les conditions d'établissement d'une voiture pour les lignes secondaires sont beaucoup plus simples et plus facilement réalisables.

Cependant, nous sommes dès le premier abord arrêté par une considération générale :

Sur les petites lignes mêmes, l'exploitation doit disposer de moyens de traction lui permettant une grande élasticité dans la composition des trains.

Aussi la voiture automotrice circulant seule est pratiquement presque toujours inutilisable et le mécanisme devra être assez puissant pour qu'il soit possible de faire de la remorque. D'autre part, le retournement de la voiture devra être facile afin de lui permettre de venir se mettre en tête du train.

Dans cet ordre d'idées, la grande voiture automotrice à bogies ne pouvant être retournée que sur des triangles, quoique paraissant au premier abord devoir donner une solution très séduisante est d'une application limitée et nous croyons que les Anglais et les Américains qui les ont construites sont les premiers à le reconnaître.

Les lignes à desservir étant le plus souvent accidentées, il faut

pouvoir remorquer sur les voies normales au minimum un wagon de 15 *t* en rampe de 20 *mm* à 20 *km* à l'heure, tandis que la vitesse en palier doit atteindre 45 *km*. L'empattement pouvant être très grand, la disposition de la voiture ne présente aucune difficulté et l'on peut obtenir sur l'essieu moteur en groupant convenablement le mécanisme et les approvisionnements, un poids d'environ 10 à 12 *t* qui sera très suffisant pour obtenir une adhérence convenable.

Sur les lignes à voie étroite ou les rampes sont fortes, où l'adhérence doit être la plus grande possible, il faudra toujours coupler les essieux, ce qui est facile, puisque l'empattement n'excède pas 2,300 *m*. La chaudière devra toujours être relativement très puissante, car avec un poids total de 12 *t* en charge il faut pouvoir remorquer, à une vitesse de 12 *km* à l'heure, un ou deux wagons d'un poids total de 15 *t* en rampe continue de 35 *mm* et la vitesse en palier doit pouvoir être soutenue entre 35 et 40 *km* à l'heure.

Ces deux programmes semblent résumer les exigences des exploitations dans la plupart des cas où les automotrices peuvent être employées. Quant aux consommations de charbon, il est bien difficile de donner une consommation type : elle devrait ne pas dépasser 3,5 *kg* environ pour les trains à voie normale et à voie étroite.

En tous cas, l'exploitation connexe d'une même ligne par des automotrices et des trains ordinaires devra être le plus souvent évitée.

En effet, la présence dans un même dépôt pour un même service de deux matériels différents exigeant un personnel spécialement exercé pour chacun, des pièces de rechange différentes et un entretien particulier, sera toujours une grande gêne pour les agents qui en auront la charge; si à cela on ajoute que la plupart du temps il faudra tenir prêt à marcher en réserve du matériel de traction de chaque espèce, on se rendra compte que les économies que l'on espérait réaliser deviendront bien faibles et seront malheureusement le plus souvent illusoires.

Les automotrices devront donc, pour assurer un service réellement pratique et économique, remplacer entièrement tous les trains sur une certaine section, l'exploitation pouvant, et si les besoins du service l'exigent, constituer à certains jours de la semaine des trains absolument réservés aux marchandises.

Nous ferons, toutefois, une exception pour les trains postaux

ou autres, ayant lieu en dehors des heures de trafic de la journée.

Dans ce cas, une automotrice très légère à pétrole rendra de grands services. Elle pourra ne parcourir que peu de kilomètres par jour sans avoir à amortir la dépense de la mise en route; elle est toujours prête et un seul homme suffira comme mécanicien et comme conducteur. Le prix relativement élevé du combustible ne sera pas un obstacle, car la quantité dépensée sera très faible.

Enfin, nous ne nous étendrons pas longuement sur les avantages de la locomotive tender-fourgon, qui n'est en quelque sorte qu'une exagération de l'automotrice. Elle peut être conduite par un seul homme et permet d'augmenter de deux le nombre d'essieux autorisés pour les trains légers des grandes Compagnies. Pour les Compagnies d'intérêt local qui ont une limite de longueur du train ou du nombre de voitures, la locomotive-fourgon donne également le droit d'ajouter une voiture de plus au train. Le poids propre du fourgon et celui des bagages augmente encore l'adhérence de la machine.

Les locomotives-fourgons semblent devoir contribuer avec les automotrices à réaliser l'exploitation pratique et économique des lignes à faible trafic et à mauvais rendement.

CONCLUSIONS

Après avoir décrit divers systèmes de voitures automotrices à vapeur et à pétrole, construites pour les lignes principales ou secondaires, et après avoir fait quelques remarques au sujet des conditions d'exploitation de ces voitures, nous sommes amené à considérer les voitures automotrices comme des locomotives légères portant sur le même châssis, en dehors du mécanisme et de ses approvisionnements, un ou plusieurs compartiments à voyageurs ou à bagages.

Plusieurs systèmes d'automotrices semblent, dès maintenant, résoudre, aussi parfaitement que possible, les conditions imposées à ce genre de véhicule, par les besoins de l'exploitation. Les applications de plus en plus fréquentes qui en sont faites permettront d'en déterminer exactement les frais annuels d'entretien, éléments des plus importants sur lesquels on a encore peu de données.

Les essais qui ont été faits sur un assez grand nombre de réseaux de plusieurs systèmes différents d'automotrices ont donné lieu à une période de tâtonnements et de recherches dont il semble qu'il soit possible de recueillir bientôt les résultats.

Les exigences de l'exploitation se sont unifiées et paraissent maintenant bien déterminées; les services de traction se trouvent ainsi en présence d'un programme devenu très net et il paraît certain que dans un avenir peu éloigné les automotrices répondront enfin au besoin de plus en plus attendu d'une nouvelle formule d'exploitation économique des voies ferrées.

L'ACÉTYLÈNE DISSOUS

ET

SES PRINCIPALES APPLICATIONS

PAR

M. F. BOURDIL

Nous diviserons cette communication en trois parties : dans la première, nous dirons en quoi consiste l'acétylène dissous; dans la seconde, comment on le prépare; dans la troisième, comment on l'utilise.

L'acétylène est un carbure d'hydrogène gazeux très riche en carbone; sa formule est C^2H^2. Ce gaz, quand il est comprimé ou liquéfié, devient un explosif violent, parce qu'il est éminemment endothermique; il est donc dangereux de le transporter et de le manipuler. Pour le rendre transportable, MM. Claude et Hess ont cherché un dissolvant liquide suffisamment exothermique pour que la solution soit stable, et ils ont arrêté leur choix sur l'acétone. L'acétone est un liquide répondant à la formule C^3H^6O. L'acétone dissout vingt-quatre fois son volume d'acétylène par kilogramme de pression. En comprimant de l'acétylène dans un réservoir contenant de l'acétone, on multiplie donc par 24 la loi de Mariotte. Mais en même temps que la dissolution se produit, le volume du liquide augmente et l'augmentation de volume est de 4 0/0 par kilogramme de pression.

La solution ainsi obtenue offre la particularité de posséder certains caractères des corps composés et notamment le suivant: le coefficient de dilatation de la solution acétone-acétylène n'est pas intermédiaire entre les coefficients de dilatation des deux corps, mais est égal au coefficient de dilatation de l'un des deux: l'acétone.

La solution acétone-acétylène offre une grande stabilité et on peut la manipuler sans danger jusqu'à environ 15 *kg* de pression à la température de 15 degrés dans des réservoirs entièrement pleins de ce liquide. Mais s'il existe dans le récipient contenant la solution un espace vide de liquide, cet espace se

remplira forcément d'une atmosphère d'acétylène comprimé. Ce gaz étant instable, sera susceptible de faire explosion, et l'explosion une fois produite, pourra se propager de l'atmosphère gazeuse à la solution. Or, dans un récipient contenant une solution acétone-acétylène, il se produira un vide partiel si on laisse échapper une partie du gaz, puisque la pression diminuera et qu'il en résultera, comme nous l'avons vu plus haut, une diminution du volume de la solution. Par suite des considérations ci-dessus, les bouteilles en acier qui servent habituellement au transport des gaz comprimés ou liquéfiés, ne présentent pas en leur forme habituelle toutes les conditions requises pour transporter avec sécurité de l'acétylène dissous.

M. Henri Le Chatelier, professeur à l'École des Mines et au Collège de France, avait, au cours d'expériences faites sur l'acétylène comprimé et sur l'acétylène dissous, remarqué que la propagation de l'explosion était d'autant plus lente que le diamètre du réservoir contenant ces substances était plus petit, il conçut le plan d'une bouteille destinée spécialement au transport de l'acétylène dissous. Pour établir cet appareil, on prend une bouteille en acier analogue à celles qui sont généralement employées pour le transport des gaz comprimés, et on la remplit juqu'au goulot d'un corps poreux. C'est dans la bouteille ainsi préparée qu'on introduit la solution acétone-acétylène. Dans une bouteille de ce genre, il ne peut pas se produire un espace vide de grand diamètre contenant une atmosphère libre d'acétylène comprimé susceptible, par son explosion, de déterminer celle du liquide sous-jacent.

On emploie comme corps poreux de l'amiante, des céramiques spéciales ou des bétons à base de charbon de bois, et l'on est arrivé à obtenir des corps dont la porosité atteint 75 et 80 0/0 et la densité 0,5.

En pratique, tant à cause du corps poreux que de la dilatation de l'acétone quand il dissout l'acétylène, on ne compte que 10 *l* de gaz emmagasinés dans 1 *l* de récipient et par kilogramme de pression.

C'est dans des bouteilles du type ci-dessus décrit qu'on transporte aujourd'hui l'acétylène dissous sous des pressions qui atteignent 10 *kg* en Europe et 15 *kg* en Amérique, et qui contiennent, par conséquent, les unes 100 *l* et les autres 150 *l* de gaz par litre de capacité du récipient.

Voici maintenant quelques-unes des expériences qui ont été

faites pour s'assurer de la sécurité qu'offre l'acétylène dissous. Sollicitée de donner des autorisations pour l'exploitation industrielle de l'acétylène dissous, la Préfecture de Police soumit la question au Conseil d'Hygiène, et le Conseil d'Hygiène chargea M. Vieille, Ingénieur en chef au service des Mines et directeur du Laboratoire des Poudres et Salpêtres, de soumettre l'acétylène dissous à une série d'expériences. Au cours de ces expériences, M. Vieille provoqua des étincelles électriques, soit directement dans la bouteille, soit dans les petits réservoirs annexes dépourvus de corps poreux et contenant, par conséquent, une atmosphère d'acétylène libre. Dans une expérience décisive, il a comprimé le gaz acétylène à une pression de 18 *kg* et à la température de 15 degrés, puis il a porté le réservoir à 56 degrés; à ce moment, la pression intérieure du réservoir a atteint 37 *kg* et il a alors déterminé l'étincelle électrique. Une petite explosion toute locale s'est produite, elle ne s'est pas propagée et elle a déterminé dans le réservoir une pression ne dépassant pas 69 *kg*. C'est à la suite de ces expériences que la Préfecture de Police a autorisé le transport de l'acétylène dissous, sous une pression de 10 *kg*, dans des récipients comme ceux ci-dessus décrits essayés à 60 *kg*, et a permis leur emploi même dans les foires. Les Compagnies d'assurances ont alors assimilé l'emploi de l'acétylène dissous à celui du gaz d'éclairage.

Les expériences faites par M. Vieille ont été reproduites en Angleterre, où l'Administration n'a pas cru devoir assimiler l'acétylène dissous aux corps explosifs et dangereux, et a autorisé son transport dans des réservoirs timbrés seulement au double de la pression sous laquelle le réservoir est chargé.

En Amérique, la Compagnie du Pacific Canadian, voulant se rendre compte de la manière dont se comporterait un réservoir d'acétylène dissous s'il se trouvait dans un bâtiment incendié, fit placer un réservoir chargé dans un feu de forge. Le fond de ce réservoir avait été, non pas rivé, mais simplement brasé, intentionnellement, afin de se désouder brusquement pendant l'expérience. On chauffa l'appareil jusqu'au point nécessaire pour faire fondre la brasure. Le fond fut alors chassé par la pression

intérieure des gaz et, malgré la violence de la flamme qui se produisit, il n'y eut ni explosion, ni rupture des parties constitutives des appareils, sauf à l'endroit où la brasure avait fondu.

La Compagnie française de l'acétylène dissous a reproduit cette expérience sous une forme légèrement différente. Le réservoir employé était formé d'un tube sans soudure. Placé dans un feu de forge et chauffé au rouge, de façon à rendre le métal malléable, il se gonfla légèrement sous la pression des gaz intérieurs dans la partie la plus chauffée et dans la hernie ainsi produite, il s'ouvrit une légère fente par où les gaz s'échappèrent en prenant feu, mais il n'y eut ni explosion ni rupture.

Des accidents fortuits sont venus confirmer les résultats obtenus dans ces expériences intentionnelles. Un yacht, portant le nom de « Vagabond » fut incendié dans le port de New-York où il était mouillé, par suite d'une fausse manœuvre dans un transvasement d'essence de pétrole. L'incendie dura deux heures avant qu'on réussit à couler le yacht pour se rendre maître du feu. Quand on renfloua la coque, on trouva les réservoirs encore chargés dans la cuisine du bord où s'était trouvé le centre de l'incendie.

En Russie, des réservoirs servant à l'éclairage de voitures de chemins de fer sur la ligne de Saint-Pétersbourg à Varsovie, résistèrent également à un incendie qui s'était déclaré dans la gare où ils étaient remisés.

A la suite de cette circonstance, le train impérial russe a été éclairé avec de l'acétylène dissous, et j'ajouterai, à titre anecdotique, que l'automobile du grand duc héritier est maintenant munie de phares à l'acétylène dissous.

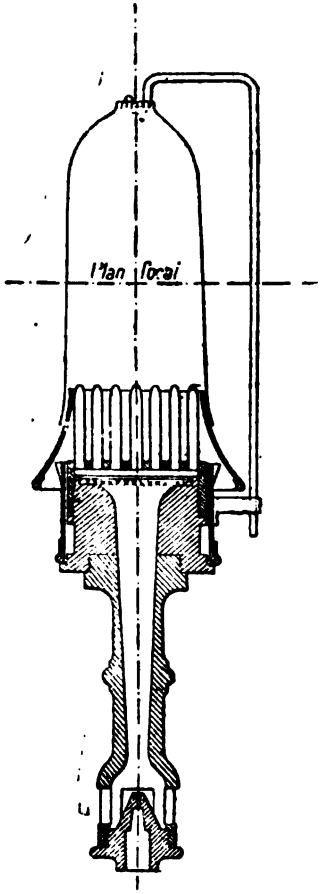
Préparation.

Voyons maintenant comment on prépare l'acétylène dissous : l'acétylène, produit par les procédés ordinaires et emmagasiné dans un gazomètre d'un type courant, est aspiré par une pompe et passe par deux épurateurs dont le premier, contenant du carbure de calcium, sert seulement à sécher le gaz, tandis que le second, contenant de l'hératol, arrête le phosphore et prévient ainsi les vapeurs d'acide phosphorique qui se produiraient au moment de la combustion et qui sont très nuisibles. La pompe refoule directement le gaz dans les réservoirs ci-dessus décrits jusqu'à une pression de 10 *kg*. Industriellement, comme la dis-

solution dans l'acétylène ne se fait pas immédiatement, on laisse pendant plusieurs heures les réservoirs à charger en communication avec des appareils qu'on nomme accumulateurs. Ces accumulateurs sont de grands réservoirs fixes d'une capacité intérieure pouvant aller jusqu'à un quart de mètre cube et groupés par deux ou par quatre, où le gaz est accumulé sous une pression de 12 *kg*.

Utilisation.

On peut utiliser l'acétylène dissous toutes les fois qu'on a besoin de disposer d'une source de chaleur ou de lumière intense et portative. La combustion de l'acétylène dans l'oxygènepeut donner une température dépassant 3 000 degrés. En effet, cette température a seulement pour limite celle de la dissociation de l'oxyde de carbone, dont la fixité est bien connue.



Nous citerons les principales applications qui ont été faites jusqu'ici et qui sont des applications à l'éclairage et aux chalumeaux.

Pour l'éclairage, on peut employer soit des becs à acétylène ordinaire) ce sont ceux qu'on emploie par exemple pour les phares d'automobiles), soit des becs à manchon (ce sont ceux qu'on emploie dans les phares maritimes et notamment au phare de Chassiron). M. Fouché, un de nos collègues, s'est occupé tout particulièrement, à l'époque où il était Directeur de la Société de l'Acétylène dissous, de la création du bec que nous allons décrire et qu'on nomme « bec Sirius ». On peut se représenter cet appareil comme formé de becs Bunsen superposés les uns aux autres. Dans la figure ci-jointe, on voit à la partie inférieure un tube aspirateur où se fait un premier mélange d'acétylène et de gaz, et qui se termine par une série de tubes de petit dia-

mètre débouchant eux-mêmes à l'orifice supérieure d'un tronc de cône où se produit un nouvel appel et un nouveau mélange d'air. C'est seulement à l'orifice du tronc de cône que le mélange d'acétylène et d'air se trouve dans les proportions optima pour la combustion. Antérieurement à ce point, le mélange est imparfait et dans ce mélange imparfait la propagation de la flamme est plus lente que l'écoulement des gaz. On évite donc, par ce mélange en deux temps, les rentrées de flammes, qui sont beau coup plus difficiles à éviter avec l'acétylène qu'avec le gaz d'éclairage ordinaire.

Chalumeaux.

On a adopté, dans le chalumeau oxyacétylénique, un dispositif du même ordre que celui adopté dans le bec Sirius. Deux tubes concentriques amènent, l'un l'oxygène, l'autre l'acétylène. Le tube intérieur est percé d'orifices à faible section qui permet un mélange imparfait des gaz, et le mélange parfait ne se produit qu'à l'extrémité du chalumeau dans le prolongement du tube extérieur et après l'orifice extrême du tube intérieur. C'est donc seulement dans la partie extrême du chalumeau largement ouverte que peuvent se produire des rentrées de flammes et de petites explosions locales, par le fait inoffensives. La flamme du chalumeau présente deux zones bien distinctes : une zone d'un bleu vif entourée d'une zone d'une couleur pâle formant une gaine concentrique à la première. Dans la zone interne et bleue extrêmement chaude le carbone brûle aux dépens de l'oxygène en produisant de l'oxyde de carbone. Dans la deuxième zone, l'oxyde de carbone et l'hydrogène brûlent aux dépens de l'air extérieur en formant de l'acide carbonique et de l'eau. L'hydrogène ne saurait brûler dans la partie bleue de la flamme puisque la température de cette zone est supérieure à la température de dissociation de l'eau. Cette disposition particulière de la flamme que nous venons de décrire offre, quand on veut souder un métal oxydable, comme le fer, par exemple, l'avantage d'entourer le métal fondu et soudant d'une gaine réductrice qui empêche la formation des oxydes et qui se charge même de les détruire quand ils sont formés.

La couleur de la flamme du chalumeau indique à l'œil d'un opérateur expérimenté le mélange d'acétylène et d'oxygène est dans les meilleures proportions pour faire une soudure. Et

comme le changement de couleur de la flamme varie très rapidement avec la proportion des gaz contenus dans le mélange, l'ouvrier qui se sert régulièrement du chalumeau arrive rapidement à produire une flamme ayant les caractères propres à une

bonne soudure qui sont d'être très chaude, d'être réductrice et de n'être pas carburante.

Les diverses expériences que nous avons pu faire prouvent combien l'acétylène dissous est portatif et quels services il peut rendre dans l'industrie et, par exemple, toutes les fois qu'on a à faire des soudures sur des pièces de mécanique ou de chaudronnerie, lourdes, encombrantes et difficiles à déplacer.

Voici un rapide aperçu de quelques-unes des industries qui emploient actuellement l'acétylène dissous, soit pour la soudure, soit pour l'éclairage. Le chalumeau est employé industriellement pour faire disparaître les soufflures dans des usines fabricant de l'acier coulé, pour fabriquer des canalisations de vapeur con-

tinues, des canalisations d'eau, pour des réparations de chaudières, pour le raboutage des tubes de locomotives. L'éclairage à l'acétylène dissous a donné également lieu déjà à une série d'applications industrielles; en voici quelques unes : on trouve cet éclairage appliqué en France sur des automobiles, sur les voitures du funiculaire de Belleville, en Suède sur le chemin de fer de Stockholm à Saltjöbaden, aux États-Unis sur des voitures de chemins de fer appartenant à douze Compagnies différentes; en Russie sur le train impérial russe. Le Ministère des voies de communications vient, par une circulaire, d'en autoriser et même d'en conseiller l'adoption sur toutes les lignes de l'Empire russe.

LES PROGRÈS RÉCENTS

RÉALISÉS

DANS L'INDUSTRIE DE L'OZONE[1]

PAR

M. Marius OTTO

INTRODUCTION

De nombreux progrès ont été réalisés dans l'industrie de l'ozone depuis la conférence que j'ai eu l'honneur de faire, il y a quatre ans, devant la Société des Ingénieurs Civils.

A l'origine de mes recherches sur l'ozone, je me suis surtout occupé des appareils à diélectriques. J'ai déterminé les éléments essentiels de leur construction et les rendements qu'ils pouvaient fournir dans les laboratoires.

C'est avec des appareils à diélectriques que j'ai effectué mes recherches sur la densité de l'ozone (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, tome CXXIV, page 78). C'est avec ces mêmes appareils que j'ai étudié les curieux phénomènes de phosphorescence qui prennent naissance au contact de l'eau impure, du benzène, du thiophène, du lait, etc., et de l'ozone. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, tome CXXIII, page 1005.)

De sérieuses difficultés se sont présentées lorsqu'il a fallu passer, avec ces appareils en verre, du laboratoire dans l'industrie. C'est ce qui m'a amené à construire les appareils rotatifs, entièrement métalliques, objet de ma précédente communication.

Ces appareils ont été, de ma part, l'objet de recherches approfondies, dont je donnerai plus loin les résultats.

Mes recherches ont porté également sur l'emploi industriel possible des ozoneurs en verre, dans les cas où l'énergie électrique est à bon marché, et où le rendement joue un rôle secondaire.

(1) Voir planches nos 59 et 60.

Dans cet ordre d'idées, j'ai établi deux types d'appareils dans lesquels les inconvénients qui résultent de l'emploi du verre ne sont pas écartés, mais qui sont montés d'une manière simple et qui donnent des résultats relativement satisfaisants.

Pour permettre l'utilisation des courants de basse fréquence, j'ai étudié des appareils rotatifs à diélectrique, type mixte, compris entre les ozoneurs rotatifs entièrement métalliques et les ozoneurs à électrodes fixes à lames de verre.

Pour les usages médicaux, j'ai créé un modèle d'appareil à résonateur, fonctionnant avec le courant d'une batterie de piles ou d'accumulateurs.

Ces différentes séries d'appareils résument mes recherches à ce jour. Tous les problèmes que peut présenter la pratique courante seront facilement résolus, grâce à eux.

Je les classe en deux groupes, que je décrirai dans l'ordre suivant :

PREMIER GROUPE : OZONEURS STATIQUES.

a) Appareils médicaux à résonateur, fonctionnant avec le courant d'une batterie de piles ou d'accumulateurs;

b) Ozoneurs statiques à refroidissement par l'air;

c) Ozoneurs statiques à refroidissement par l'eau.

DEUXIÈME GROUPE : OZONEURS ROTATIFS.

a) Ozoneurs rotatifs à diélectriques ;

b) Ozoneurs rotatifs sans diélectriques.

Parmi les applications de l'ozone qui offrent le plus d'intérêt, et qui ont le plus préoccupé ces temps derniers l'attention des chercheurs et des savants, figurent, en première ligne, l'épuration et la stérilisation industrielles des eaux. J'insisterai sur les résultats pratiques obtenus, et je montrerai de quelle façon on peut avoir de l'eau pure à bon marché, à l'aide des stérilisateurs domestiques, dits « filtres électriques ».

Les autres applications de l'ozone que je décrirai sont relatives :

1° A la fabrication de la glace et des eaux de table;

2° A la fabrication de la vanilline aux États-Unis;

3° A l'installation d'une blanchisserie au Marché Saint-Honoré, à Paris.

CHAPITRE PREMIER

LES GÉNÉRATEURS D'OZONE

Premier Groupe : **Ozoneurs statiques.**

Ces appareils se subdivisent en trois séries :

1° Appareils médicaux;
2° Ozoneurs statiques avec refroidissement par l'eau;
3° Ozoneurs statiques avec refroidissement par l'air.

Les ozoneurs de cette classe sont basés sur l'emploi de lames de verre formant diélectriques.

On a essayé de faire des ozoneurs statiques sans diélectriques. Ces appareils ne sont pas susceptibles d'être utilisés industriellement.

On peut adopter, pour le montage des ozoneurs à diélectriques, un des quatre dispositifs suivants *(fig. 1)* :

1° Dans le dispositif A, les deux électrodes E_1 et E_2 sont fixées sur deux lames de verre V_1, V_2, séparées par un intervalle d;

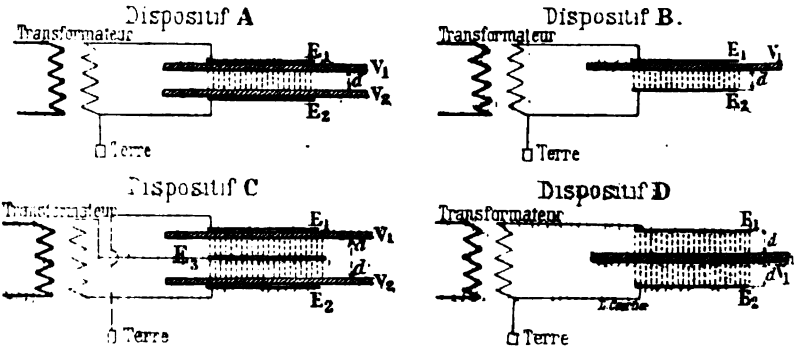


Fig. 1. — Montage des ozoneurs à diélectriques.

2° Dans le dispositif B, l'une des électrodes E_1 est fixée sur la lame de verre V_1, l'autre électrode E_2 est séparée de la lame de verre par des calles isolantes. L'effluve jaillit entre le verre et le métal;

3° Dans le dispositif C, les deux électrodes E_1 et E_2 sont fixées sur deux lames de verre V_1, V_2. Entre ces deux lames de verre,

et à égale distance de chacune d'elles, se trouve une troisième électrode E_3, séparée des lames de verre par des calles isolantes;

4° Dans le dispositif D, les deux électrodes métalliques sont séparées du diélectrique par des calles isolantes. La lame de diélectrique V_1 sert uniquement à séparer les électrodes E_1, E_2.

Avec chacun de ces dispositifs, on peut mettre un pôle à la terre.

Dans le dispositif C, deux pôles peuvent être mis à la terre, l'électrode E_3 étant seule à haute tension.

Le dispositif C est de beaucoup le plus avantageux pour les appareils industriels. C'est, du reste, celui auquel je me suis arrêté.

Les lames de diélectrique, qui s'échauffent considérablement pendant la marche, peuvent être refroidies sans difficulté.

Sous un volume qui est sensiblement le même, la surface active d'effluve est deux fois plus considérable qu'avec l'un des dispositifs A ou B.

Le dispositif D, dans lequel l'échauffement du diélectrique est maximum, avec un refroidissement pratiquement impossible, doit être rejeté industriellement.

I. — Appareils médicaux.

Dans l'appareil médical que je vais décrire, les quantités d'énergie mises en jeu sont peu considérables. L'échauffement du diélectrique n'entre pas en ligne de compte et le refroidissement est inutile.

Le dispositif adopté pour le montage de l'ozoneur est celui qui est indiqué en A *(fig 1)*.

L'ozoneur médical usuel consiste, en principe, en un petit tube à ozone en verre, que l'on actionne par une bobine de Rhumkorff. Si la bobine est un peu forte, l'ozoneur mis entre les mains des malades peut présenter un certain danger.

Pour obvier à cet inconvénient, j'ai imaginé l'ozoneur médical à résonateur, dont la figure 1 *(Pl. 60)* donne une vue d'ensemble, d'après une photographie, et dont la figure 2 indique le montage schématique.

L'appareil comprend, en principe, un ozoneur proprement dit O entre les deux électrodes duquel on peut insuffler de l'air, à l'aide d'une poire en caoutchouc. On respire à l'extrémité, qui est en forme de cornet, l'ozone produit dans l'appareil.

En examinant la figure 2, on se rendra aisément compte de la façon dont l'ozoneur est actionné au point de vue électrique. Le courant d'une batterie d'accumulateurs A arrive à une bobine de Rhumkorff (BCD), ou mieux encore dans un transformateur genre Klingelfuss.

On n'ignore pas qu'une des causes du faible rendement des bobines de Rhumkorff est due à la forme de l'armature de fer doux; il y a avantage à ce que les extrémités de cette armature soient rapprochées le plus possible. En donnant au noyau du

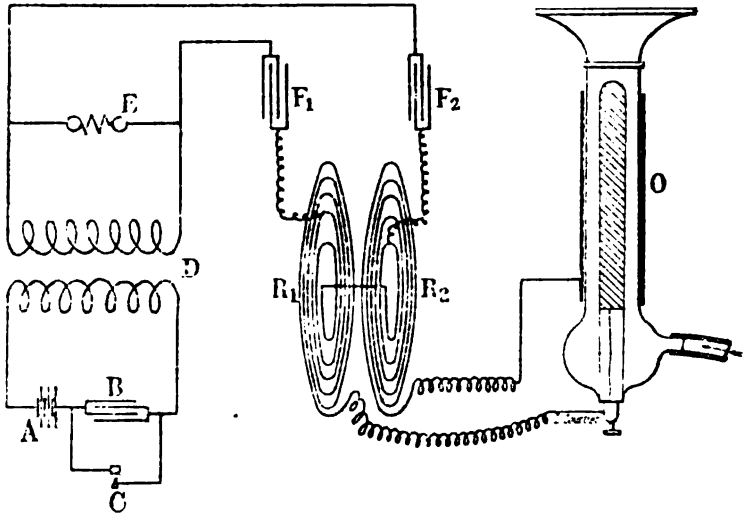


Fig. 2. — Montage schématique d'un ozoneur médical à résonateur double.

transformateur la forme d'un U, dont les deux branches peuvent être complètement fermées par une armature mobile, M. Klingelfuss est arrivé à construire un appareil donnant des résultats très remarquables.

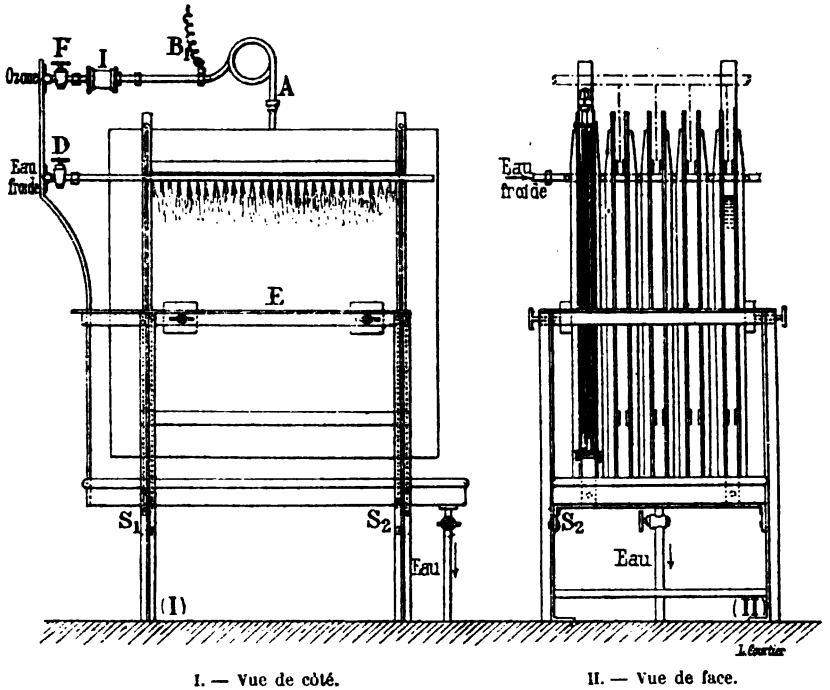
Le rôle que joue l'armature mobile reliant les deux branches en U du transformateur est des plus importants. D'après un travail de M. H. Veillon, la quantité d'électricité induite est environ trois fois plus grande lorsque le transformateur est muni de son armature mobile que lorsqu'il en est démuni.

Elle est six fois plus grande quand le transformateur est muni de l'armature, que celle induite dans la bobine construite par M. Carpentier.

Quoi qu'il en soit, en sortant du transformateur, le courant arrive à un condensateur double F_1 F_2.

Sur une paire d'électrodes de ce condenseur est monté un déflagrateur à étincelles E ; sur l'autre paire, le résonateur proprement dit $R_1 R_2$.

Ce résonateur, que l'on voit nettement à gauche de notre gravure *(fig. 1, Pl. 60)*, a la forme d'un cylindre aplati. Il est constitué par deux séries de spires en fil de cuivre, soigneusement isolées, et disposées de part et d'autre d'un disque en fibre.



I. — Vue de côté. II. — Vue de face.

FIG. 3. — Ozoneur statique à refroidissement par eau.

Les extrémités des spires communiquent avec les armatures du générateur d'ozone.

L'appareil se règle en faisant varier la distance qui sépare les deux boules du déflagrateur à étincelles.

Le courant de très haute fréquence fourni par le résonateur passe dans le tube à ozone et donne naissance aux effluves.

L'action des courants à haute fréquence ainsi produits est nulle sur l'organisme. Le maniement de l'appareil est donc sans danger.

II. — Ozoneurs statiques industriels.

J'ai étudié et fait construire deux séries de ces appareils, en adoptant pour chacune d'elles le dispositif C *(fig. 1)*, dans lequel les deux électrodes E_1, E_2 sont mises en relation avec le sol, l'électrode centrale E_3 étant seule à un haut potentiel.

Refroidissement par l'eau. — La figure 3 représente, vus de face et de côté, les différents éléments constituant un ozoneur statique industriel à refroidissement à eau.

Chacun des éléments de l'appareil *(fig. 4)* est constitué par une

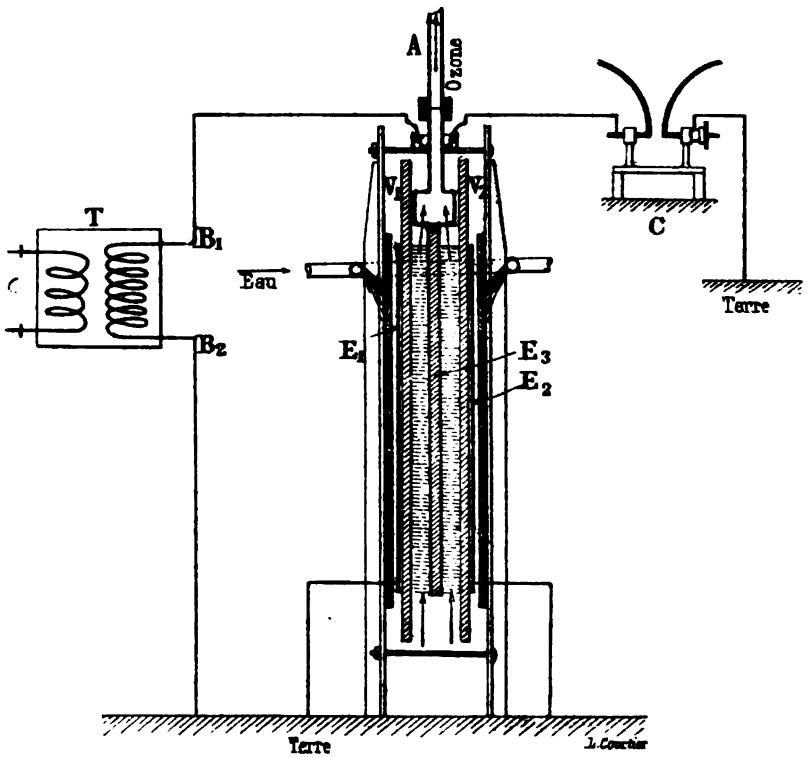


Fig. 4. — Schéma du montage d'un ozoneur statique à refroidissement à eau.

lame métallique E_3 suspendue entre deux diélectriques V_1 V_2. Les deux diélectriques portent à leur surface externe une électrode conductrice E_1E_2 et une plaque de feutre que rafraîchit d'une manière constante un courant d'eau. Les électrodes externes étant à la terre, comme je l'ai dit plus haut, cela évite toute difficulté d'isolement de la conduite d'eau.

L'ozone produit est aspiré par la tubulure A. Un transformateur T, dont un pôle B_1 est en communication avec l'électrode E_3, et dont l'autre pôle B_2 est à la terre, actionne l'ozoneur. Un appareil C (soupape électrique), dont le rôle sera expliqué plus loin, complète le système.

La figure 3 (I) montre le collecteur d'ozone F et l'indicateur de débit I. L'eau froide arrive par D. La batterie est supportée par un bâti en fer S_1S_2. Un tube de verre isole l'électrode centrale.

Refroidissement par l'air. — Dans le cas où l'on peut avoir à sa disposition une machine à produire le froid, ou mieux encore de l'air liquide, on peut utiliser le refroidissement par l'air.

Le montage des éléments du générateur d'ozone se trouve alors notablement simplifié.

Les diélectriques et les électrodes métalliques à haute tension sont disposés parallèlement, avec une légère inclinaison, de manière que la gravité seule maintienne les éléments l'un contre l'autre, sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours à un système de serrage quelconque.

Les figures 5 représentent, vu de face et de côté, un ozoneur statique à refroidissement à air, à 62 éléments, d'une surface active d'effluve de 124 m^2.

Les dimensions d'encombrement de ce groupe sont les suivantes :

Longueur	5 *m*
Largeur	1,50 *m*
Hauteur	2,50 *m*

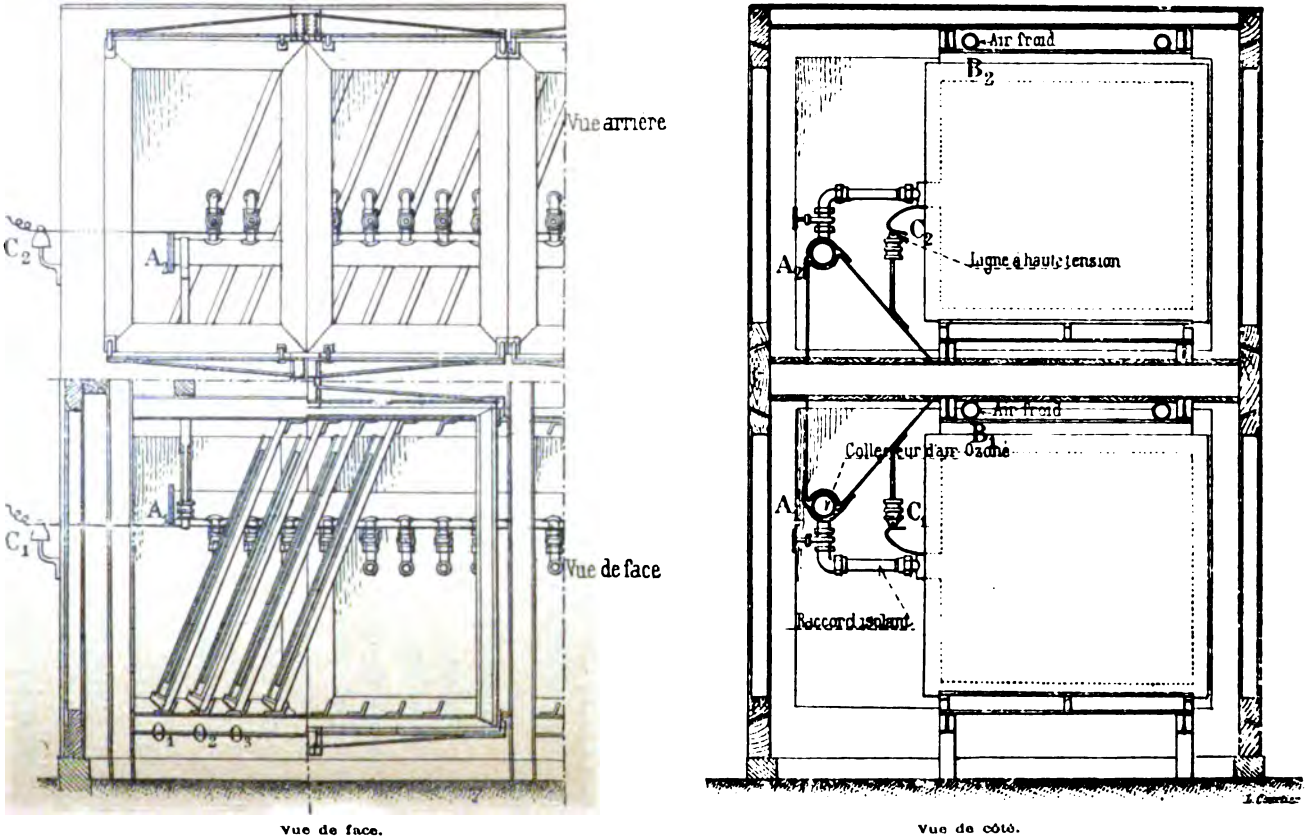
Les éléments du groupe O_1 O_2 O_3 sont supportés par des planches formant tiroir, que l'on peut facilement mettre en place ou retirer en cas d'accident.

Le contact entre l'électrode métallique centrale et la ligne de haute tension C_1, C_2 est assuré par un simple ressort.

Deux canalisations servent, l'une à amener l'air froid qui alimente l'ozoneur B_1, B_2, l'autre à extraire l'ozone produit A_1, A_2.

Les éléments générateurs sont groupés sur deux étages, comme le dessin l'indique, à l'intérieur d'une cage métallique vitrée à double paroi ; la lame d'air comprise entre les deux parois forme isolant pour la chaleur.

Les canalisations sont prévues pour un débit d'air de 500 m^3 à l'heure, avec une pression de 1 *m* d'eau. Ce débit peut varier suivant la concentration de l'ozone qu'on veut obtenir.



Vue de face. Vue de côté.

FIG. 5. — Ozoneur statique à refroidissement par l'air, avec éléments interchangeables.

Soupape de sureté électrique.

Il est utile de compléter le montage des ozoneurs de ces deux séries par un petit appareil *(fig. 2, Pl. 60)* que je dénomme « soupape de sûreté électrique »; ce n'est autre chose qu'un parafoudre à soufflage automatique, formé par deux tiges métalliques recourbées C *(fig. 4)*. A l'aide d'une vis de rappel, on peut rapprocher ou éloigner ces deux tiges, de manière qu'une décharge éclate et que le fonctionnement du parafoudre soit assuré dès que le potentiel atteint une limite dangereuse pour la sécurité de l'appareil.

Déflagrateurs.

Ces générateurs d'ozone peuvent être montés avec adjonction de déflagrateurs à étincelle, avec ou sans condensateurs, en adoptant l'un quelconque des dispositifs que j'ai décrits dans mes précédentes publications. Ces déflagrateurs *(fig. 3, Pl. 60)*, doivent être placés en dehors de l'atmosphère des ozoneurs ou en vase clos, car ils donnent lieu à une abondante production de produits nitrés.

Deuxième Groupe : **Ozoneurs rotatifs.**

Dans une conférence que je faisais en 1897 à la Sorbonne, après avoir décrit mes appareils à diélectriques et indiqué les conditions théoriques auxquelles tout bon ozoneur doit satisfaire pour fournir un rendement satisfaisant, je disais, en envisageant l'avenir de l'ozone :

« Le problème de la préparation industrielle de ce gaz ne sera résolu complètement que lorsque l'on sera arrivé par un artifice quelconque à supprimer les diélectriques et à construire des appareils entièrement métalliques, simples et robustes, dont rien ne limitera les dimensions et la puissance. »

Ce problème a été résolu par les ozoneurs rotatifs entièrement métalliques décrits en 1900 (voir Bulletin de février).

Je me suis attaché, durant ces trois dernières années, à simplifier la construction de ces ozoneurs; à étudier les conditions théoriques et pratiques de leur fonctionnement; à améliorer leur rendement.

Je rappellerai brièvement le principe sur lequel est basé le fonctionnement de ces appareils : *l'emploi des électrodes mobiles.*

Une armature de l'ozoneur étant fixe, l'autre se déplace devant elle, d'une manière périodique, de manière à produire l'amorçage et l'extinction successifs des effluves. Le renouvellement constant des surfaces en regard s'oppose à la formation

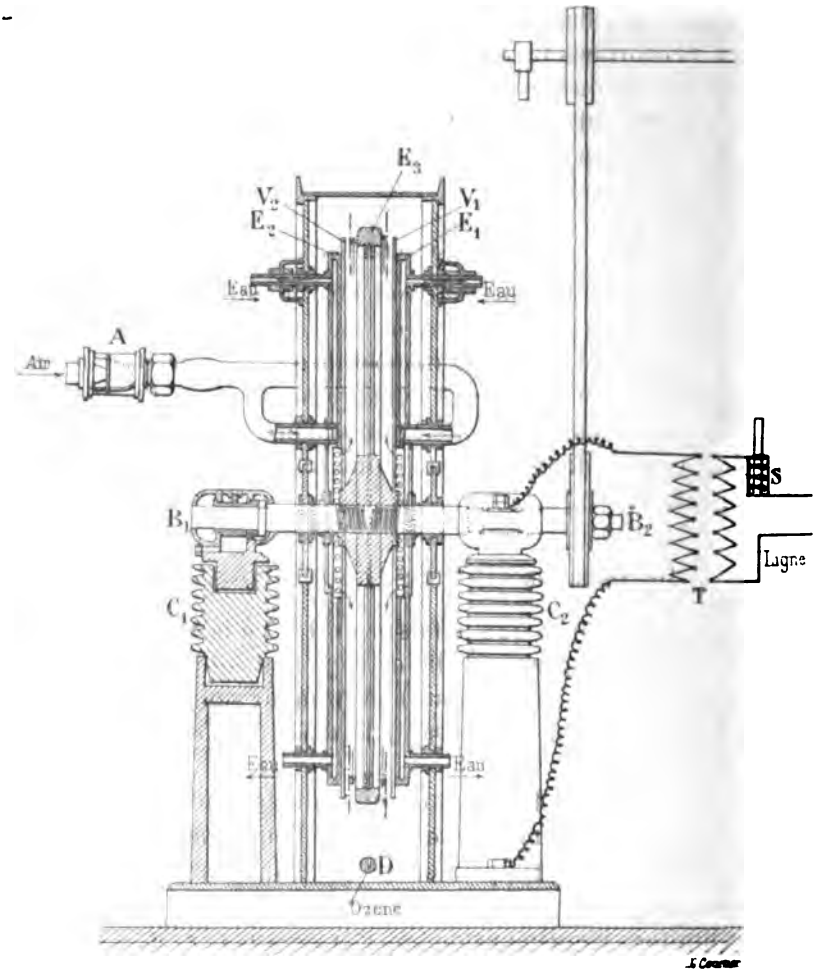


Fig. 6. — Ozoneur rotatif à diélectrique, à plateaux (basse fréquence).

des arcs et des courts-circuits dangereux. Si par accident un court-circuit vient à se déclarer. il est immédiatement interrompu.

Le fonctionnement des ozoneurs rotatifs entièrement métalliques doit être assuré par des courants de haute fréquence : 500 à 1 000 périodes par seconde.

I. — Ozoneurs rotatifs a diélectriques.

Pour répondre à certaines nécessités pratiques, et surtout pour pouvoir utiliser directement les courants de basse fréquence fournis par les secteurs, j'ai étudié et fait construire des ozoneurs rotatifs à diélectriques, dans lesquels la viscosité électrique du verre intervient pour suppléer au petit nombre de fréquences.

Dans cette nouvelle classe d'ozoneurs rotatifs, les chances de bris du verre sont considérablement diminuées.

Ces appareils peuvent se faire :

Soit à plateaux circulaires parallèles;

Soit à cylindres concentriques.

La figure 6 représente un ozoneur rotatif à diélectrique du premier modèle, refroidi par une circulation d'eau.

Un axe B_1B_2, supporté par deux blocs isolants C_1C_2, entraîne un disque métallique formant électrode centrale E_3. Cette électrode se meut entre deux lames diélectriques V_1V_2 qui recouvrent les deux caissons E_1E_2 refroidis par un courant d'eau. Un transformateur T actionne l'ozoneur. Une bobine de self-induction S permet le réglage des effluves.

L'air arrive par une canalisation A. L'ozone s'échappe par une tubulure O.

La figure 7 représente un ozoneur rotatif à diélectrique du second modèle.

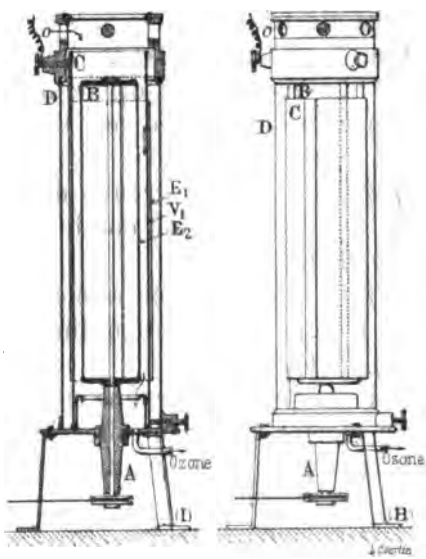


Fig. 7. — Ozoneur rotatif à tube de verre (basse fréquence).

Sur un axe A est fixé le tube métallique B, formant l'une des électrodes E_2. Un tube de verre C, maintenu par un cylindre D, supporte une feuille d'aluminium E_1 et représente le diélectrique V_1 (dispositif B. *fig. 1*).

L'air arrive par les orifices O et l'ozone est aspiré par la tubulure que l'on voit à la partie inférieure de notre dessin.

La planche 60 *(fig. 4)*, montre un groupe de quatre ozoneurs tubulaires rotatifs, à basse fréquence.

Le groupe est actionné par une dynamo qui commande en même temps un ventilateur.

Il peut être placé à l'intérieur d'une caisse, avec les organes accessoires : transformateur, rhéostat, etc., muni d'une prise de courant et branché directement sur un secteur *(fig. 5, Pl. 60)*.

II. — Ozoneurs rotatifs entièrement métalliques.

L'étude de ces appareils m'a conduit à perfectionner leurs détails de construction et à étudier certains organes indispensables pour assurer leur bon fonctionnement. Je veux parler des dynamos à haute fréquence et des transformateurs à haute tension.

Alternateurs à haute fréquence. — J'ai confié la construction de ces machines à M. Labour, l'éminent directeur de la Société l'Éclairage électrique. Je ne puis entrer ici dans le détail de construction de ces appareils; je reproduis simplement :

1° La vue d'un alternateur de 5 kilowatts, à 500 périodes, à axe horizontal, avec son excitatrice à courant continu *(fig. 6, Pl. 60)*;

2° La vue d'un groupe électrogène de 1 kilowatt, formé par un moteur à courant continu, et un alternateur à 1 000 périodes *(fig. 7 (a), Pl. 60)*;

3° La vue d'un groupe électrogène de 2 kilowatts, formé par un moteur à courant continu et un alternateur à 500 périodes *(fig. 7 (b), Pl. 60)*;

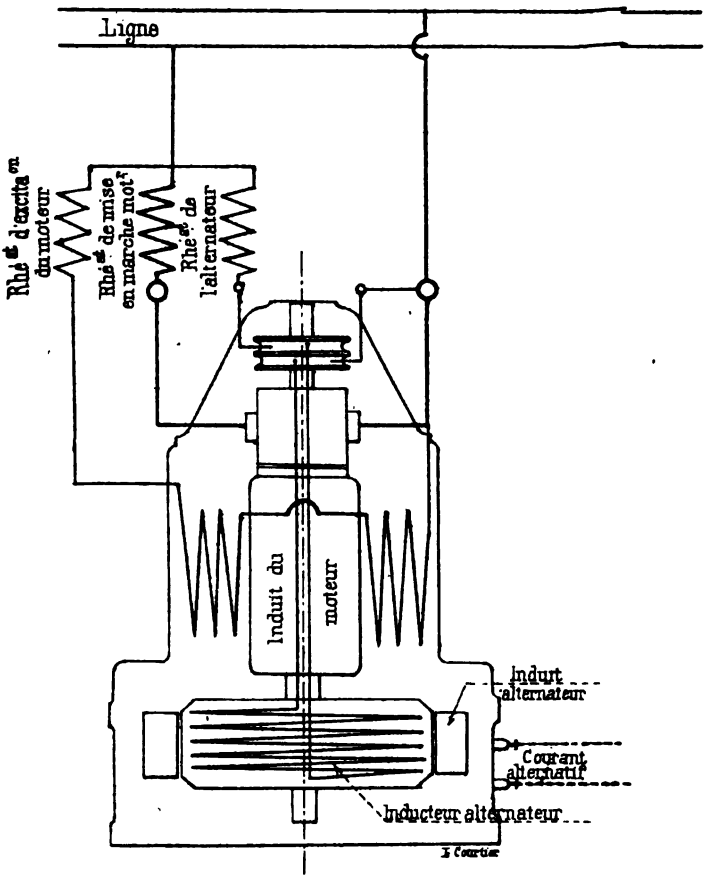
4° La vue d'un groupe électrogène de 1 kilowatt, formé par un moteur à courant alternatif à basse fréquence, une génératrice de courant continu, et un alternateur à 500 périodes *(fig. 8, Pl. 60)*.

Le schéma ci-contre *(fig. 8)* représente le mode de montage des groupes à axe vertical actionnés par moteur à courant continu.

Cet ensemble d'appareils permet de résoudre les problèmes les plus divers qui peuvent se poser pour la production industrielle de l'ozone, à l'aide des générateurs rotatifs entièrement métalliques.

Transformateurs à haute tension. — Les transformateurs à haute tension que j'ai utilisés au début de mes recherches étaient bobinés sur porcelaine et noyés dans de la paraffine. J'ai dû renoncer à ce genre de construction.

Les appareils que j'utilise aujourd'hui sont constitués avec des



IG. 8. — Alternateur à haute fréquence, à commande électrique directe.

bobines à double enroulement isolées simplement avec du carton et de la toile micanitée *(fig. 9, Pl. 60).*

La figure 10 *(Pl. 60)* représente deux transformateurs T^1, T^2 construits avec ces bobines.

L'emploi d'un bain de paraffine est inutile; l'air suffit comme isolant.

Générateurs d'ozone. — Ces appareils n'ont pas été sensiblement modifiés, leur aspect général est resté le même, ainsi qu'on peut s'en convaincre par l'examen de la figure 12 *(Pl. 60)*.

La gravure représente un ozoneur rotatif à 25 éléments.

Les dimensions d'encombrement de cet appareil sont les suivantes :

Diamètre : 0,50 *m*; longueur : 1,25 *m*.

Cet appareil est constitué par une cuve en fonte alésée intérieurement et évidée à sa partie supérieure suivant deux génératrices. Cette cuve en fonte est fixée sur un solide bâti métallique; à l'intérieur de la cuve, supportés par un axe rigide qu'entraine une poulie isolante, sont groupés vingt-cinq disques en tôle d'acier à bord tranchant. Chaque disque présente un évidement. Les disques successifs sont légèrement décalés l'un par rapport à l'autre, de façon que, étant groupés, les évidements se présentent sous forme d'une large rainure hélicoïdale.

La cuve en fonte est fermée par deux glaces qui permettent de suivre la marche de l'appareil.

L'arbre est supporté par deux paliers ordinaires, qui reposent sur deux blocs isolants. L'un des paliers est muni d'une prise de courant à laquelle aboutit un des fils venant d'un transformateur à haute tension.

Le second fil du transformateur est relié à la terre ainsi que le support de l'ozoneur.

La marche de l'ozoneur peut se comprendre facilement, si l'on examine ce qui se passe pour un seul disque. Lorsque le courant électrique est lancé dans l'appareil, des effluves puissants jaillissent entre les bords tranchants du disque et la surface interne du cylindre en fonte; la partie évidée du disque reste absolument inactive. Si une étincelle vient à éclater ou si un arc tend à se former, la rupture se produit au moment où l'évidement se trouve vis-à-vis de la partie ajourée du cylindre.

Tout danger est donc écarté d'une manière immédiate et certaine.

La même succession de phénomènes se reproduit évidemment pour tous les disques et le résultat final est que l'électrode mobile, pareille à un cylindre de feu, tourne environnée de lueurs violacées intenses.

Sous l'influence de ces décharges, l'oxygène se polymérise et se transforme en ozone.

L'appareil ne chauffe pas. Cependant, si on peut l'alimenter avec de l'air froid et maintenir le cylindre en fonte à une basse température, les rendements sont augmentés.

Ozoneurs a haute fréquence (Type Secteur).

Cet appareil est construit pour être branché directement sur des secteurs, soit à courant continu, soit à courant alternatif.

Il se compose essentiellement d'un groupe électrogène à axe vertical, maintenu par un support métallique *(fig. 9)*.

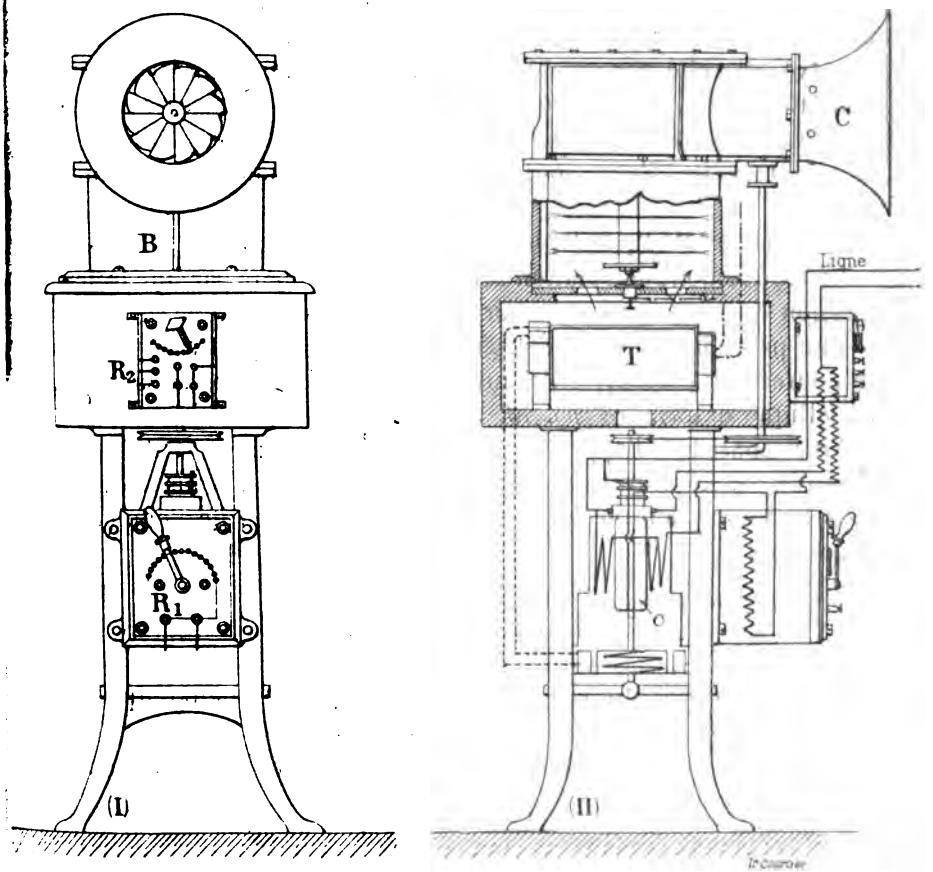


Fig. 9. — Ozoneur à haute fréquence (type secteur).

S'il s'agit d'un secteur à courant continu, ce groupe électrogène est constitué par une dynamo à courant continu, entrainant un alternateur à haute fréquence. C'est le cas figuré sur notre dessin

S'il s'agit d'un secteur à courant alternatif, le groupe électrogène est constitué par un moteur, une génératrice à courant continu, et un alternateur à haute fréquence.

Dans ce dernier cas, le générateur à courant continu peut être avantageusement remplacé par une soupape électrique de Nodon.

Le bâti supporte une caisse à l'intérieur de laquelle se trouve un transformateur à haute tension T qui fournit le courant à un ozoneur rotatif entièrement métallique B : à l'intérieur d'un cylindre en fonte, muni d'un évidement latéral, est fixé un arbre soigneusement isolé, supportant une série de disques en tôle d'acier à bords tranchants. Ces disques sont échancrés.

L'axe est relié par un fil à l'un des pôles au transformateur à haute tension. L'autre pôle communique avec la carcasse extérieure de l'appareil qui est elle-même en communication avec le sol. De cette façon, tout danger est évité pour les manipulateurs.

Deux rhéostats R_1 et R_2 commandent l'appareil.

Le mouvement de rotation est fourni à l'ozoneur par une transmission qui commande en même temps un ventilateur C.

Une prise de courant à trois fils amène d'une part à l'appareil le courant du secteur, et, d'autre part, met à la terre la carcasse métallique extérieure *(fig. 13, Pl. 60)*.

Ainsi constitué, l'appareil peut servir pour ozoner l'air pour l'aseptie, ou le traitement de certaines maladies. Nous verrons plus loin comment on l'utilise pour la stérilisation de l'eau (voir page 561).

III. — Rendements.

On vient de voir quels sont les procédés que l'on peut employer pour produire industriellement de l'ozone.

Examinons, d'une manière exacte, quels sont les rendements des appareils décrits.

Ozoneurs statiques à diélectriques. — Je me suis placé, pour effectuer des mesures sur ces appareils, dans des conditions aussi parfaites que possible: j'ai opéré sur une batterie à huit éléments, ayant chacun $1{,}25\ m \times 1{,}25\ m$.

Cette batterie était alimentée par de l'air desséché et refroidi à plusieurs degrés au-dessous de zéro, par une machine à glace absorbant environ 2 kilowatts pour son fonctionnement.

Voici les résultats obtenus, choisis parmi un grand nombre d'expériences. Ces chiffres ont été relevés à Martinikenfeld, près Berlin, dans l'usine d'essais de la Société Siemens et Halske, les ozoneurs étant poussés au maximum de flux :

AMPÈRES	VOLTS	WATTS visibles	Cos φ	WATTS réels	DIFFÉRENCE entre les watts visibles et les watts réels	AIR TOTAL en mètres cubes par heure	AIR employé pour l'analyse	CONCENTRATION en grammes d'ozone par mètre cube	OZONE total en grammes par heure
5,96	665	3 963	0,38	1 515	62 0/0	48,5	20 *l*	1,715	83,17
5,89	658	3 875	0,39	1 515	61 0/0	41,2	20 *l*	2,180	89,81
5,95	662	3 938	0,38	1 505	62 0/0	31,9	20 *l*	2,700	86,13

Ozoneurs rotatifs à diélectriques. — Les rendements que peuvent fournir ces appareils sont du même ordre de grandeur que ceux qui précèdent. Le renouvellement constant des surfaces en présence permet de marcher avec des densités de flux plus considérables et d'obtenir même des résultats un peu supérieurs.

Ozoneurs rotatifs sans diélectriques. — J'ai effectué avec ces appareils un très grand nombre d'expériences, qui m'ont servi à déterminer :

L'influence de la longueur des effluves;

L'influence de l'écartement entre les disques;

L'influence du nombre de disques.

De ces derniers essais, découlent les observations très intéressantes sur la dissociation de l'ozone, lorsque ce gaz traverse des tranches d'effluves successifs.

Sur les graphiques, les débits d'air sont portés sur l'axe des X.

La concentration exprimée en milligrammes par litre (ou en grammes par mètre cube) et le poids d'ozone par disque et par 24 heures sont sur l'axe des Y.

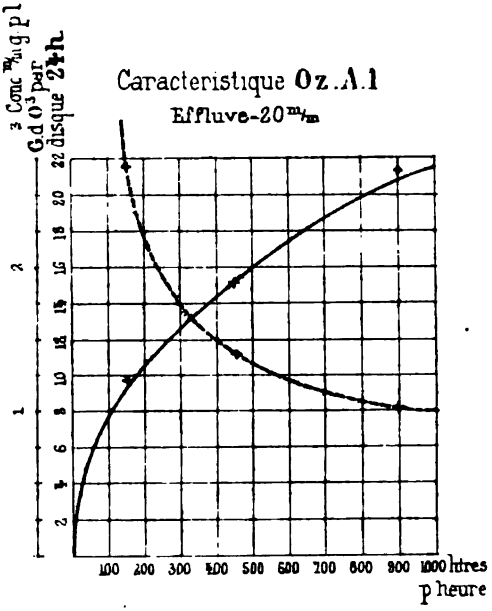
Le trait plein des courbes se rapporte à la production d'ozone.

Le trait pointillé est relatif à la concentration.

Voici quelques-uns des résultats obtenus :

Caractéristiques d'un ozoneur rotatif à 1 élément.

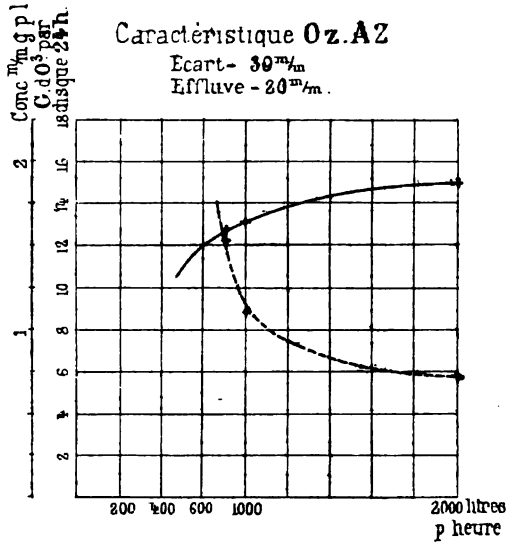
Diamètre du cylindre . .	400 *mm*	Air non desséché.	
Diamètre du disque . . .	360 *mm*	Température	12°
Longueur d'effluve. . . .	20 *mm*	Fréquences	500



NUMÉROS D'ORDRE	AIR		OZONE			
	VOLUME D'AIR EN LITRES par heure	VOLUME D'AIR EN LITRES employé pour l'analyse	POIDS EN GRAMMES par disque et 24 heures	POIDS TOTAL EN GRAMMES par heure	POIDS en milligrammes dans l'air analysé	CONCENTRATION en milligrammes par litre
1	900	50	19,52	0,81	45,2	0,90
2	900	50	21,16	0,88	49,0	0,98
3	900	50	21,38	0,89	49,5	0,99
4	900	50	19,69	0,82	45,6	0,91
5	450	30	15,15	0,63	42,1	1,40
6	450	30	15,12	0,63	42,0	1,40
7	450	30	15,29	0,63	42,5	1,41
8	160	10	13,85	0,57	22,2	2,22
9	150	10	9,82	0,40	27,3	2,73
10	150	10	9,90	0,41	27,5	2,75

Caractéristiques d'un ozoneur rotatif à 2 éléments.

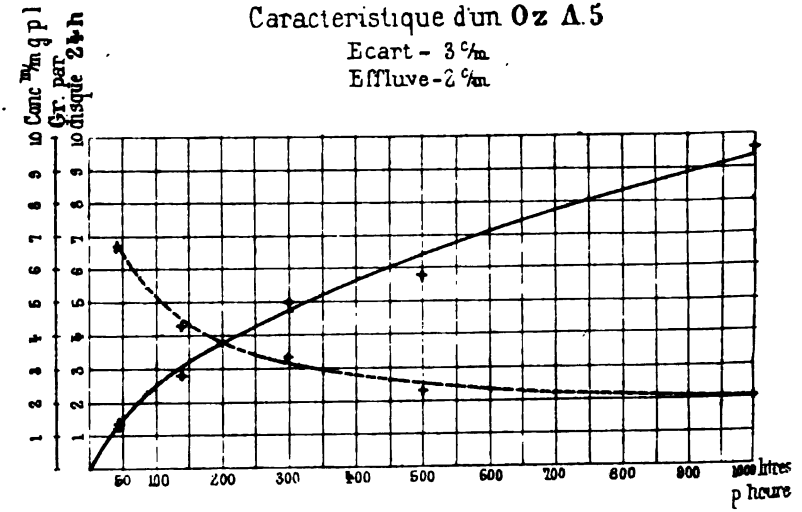
Diamètre du cylindre . .	400 *mm*	Air non desséché.	
Diamètre du disque . . .	360 *mm*	Température	16°
Largeur d'effluve.	20 *mm*	Fréquences	800



NUMÉROS D'ORDRE	AIR		OZONE			
	VOLUME D'AIR EN LITRES par heure	VOLUME D'AIR EN LITRES employé pour l'analyse	POIDS EN GRAMMES par disque et 24 heures	POIDS TOTAL EN GRAMMES par heure	POIDS en milligrammes dans l'air analysé	CONCENTRATION en milligrammes par litre
1	2 000	50	16,94	1,41	35,3	0,70
2	2 000	50	16,89	1,40	35,2	0,70
3	2 000	50	14,44	1,20	30,1	0,60
4	2 000	50	14,83	1,23	30,9	0,61
5	1 000	50	13,56	1,13	56,5	1,13
6	1 000	50	12,84	1,07	53,5	1,07
7	1 000	50	13,20	1,10	55,1	1,10
8	1 000	50	13,20	1,10	55,0	1,10
9	700	50	13,02	1,08	77,5	1,55
10	700	50	13,03	1,08	77,6	1,55
11	700	50	12,18	1,01	72,5	1,45

Caractéristiques d'un ozoneur rotatif à 5 éléments.

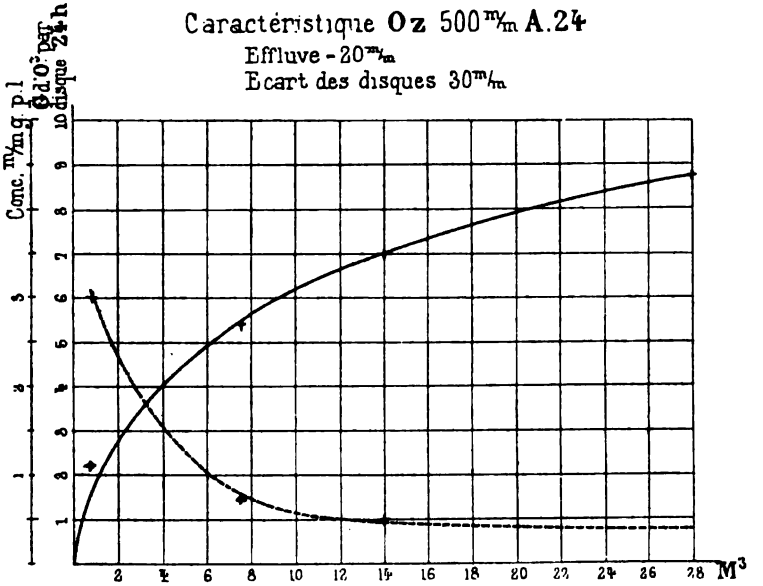
Diamètre du cylindre. . .	400 *mm*	Air non desséché.	
Diamètre du disque . . .	360 *mm*	Température	16°
Largeur d'effluve	20 *mm*	Fréquences	500



NUMÉROS D'ORDRE	AIR		OZONE			
	VOLUME D'AIR EN LITRES par heure	VOLUME D'AIR EN LITRES employé pour l'analyse	POIDS EN GRAMMES par disque et 24 heures	POIDS TOTAL EN GRAMMES par heure	POIDS en milligrammes dans l'air analysé	CONCENTRATION en milligrammes par litre
1	1 000	50	9,50	1,98	99,0	1,98
2	1 000	50	9,26	1,93	96,5	1,93
3	1 000	50	9,13	1,90	95,2	1,90
4	500	50	5,94	1,23	123,8	2,47
5	500	50	5,52	1,15	115,2	2,30
6	400	50	5,76	1,20	150,3	3,00
7	375	50	5,43	1,13	151,0	3,02
8	300	50	4,90	1,02	170,2	3,40
9	300	50	4,90	1,02	170,4	3,40
10	140	14	2,90	0,60	60,5	4,32
11	45	15	1,44	0,30	100,8	6,72

Caractéristiques d'un ozoneur rotatif à 24 éléments.

Diamètre du cylindre . .	500 *mm*	Air non desséché.	
Diamètre du disque . . .	460 *mm*	Température.	16°
Largeur d'effluve	20 *mm*	Fréquences	500



NUMÉROS D'ORDRE	AIR		OZONE			
	VOLUME D'AIR EN LITRES par heure	VOLUME D'AIR EN LITRES employé pour l'analyse	POIDS EN GRAMMES par disque et 24 heures	POIDS TOTAL EN GRAMMES par heure	POIDS en milligrammes dans l'air analysé	CONCENTRATION en milligrammes par litre
1	28 000	100	8,73	8,73	31,2	0,31
2	28 000	100	8,54	8,54	30,5	0,30
3	14 000	100	7,88	7,88	56,3	0,56
4	14 000	100	8,12	8,12	58,0	0,58
5	9 000	100	5,77	5,77	64,2	0,64
6	9 000	100	5,54	5,54	61,6	0,61
7	7 500	100	5,46	5,46	72,9	0,72
8	7 500	100	5,50	5,50	73,4	0,73
9	800	50	2,24	2,24	140,6	2,81
10	800	50	2,42	2,42	151,3	3,02
11	800	50	2,31	2,31	144,8	2,89
12	800	50	2,43	2,43	152,4	3,04

Les tableaux qui précèdent fournissent des indications précieuses **sur le rendement des ozoneurs évalué en fonction** du nombre de disques.

J'ai effectué d'**autres mesures, sur une batterie de quatre ozoneurs de 400 *mm.* en fonctionnement normal, pour déterminer** la dépense d'énergie électrique nécessaire pour produire 1 *kg* d'ozone pur.

Ces essais faits avec le concours des Ingénieurs de la Société Siemens et Halske, à notre usine de Paris, ont donné les résultats suivants :

AMPÈRES	VOLTS	WATTS visibles	Cos φ	WATTS réels	DIFFÉRENCE entre les watts visibles et les watts réels	AIR TOTAL en mètres cubes par heure	AIR pour l'analyse en litres	CONCENTRATION en grammes d'ozone par mètre cube	OZONE total en grammes par heure
12,93	45	582	0,838	488	16,2 %	39,00	20	0,852	33,2
12,90	45	581	0,838	487	16,2 %	66,24	20	0,684	45,3
13,47	43	579	0,838	485	16,2 %	106,72	20	0,542	57,8

Il est intéressant d'établir une comparaison entre les résultats fournis par les ozoneurs statiques et les rendements fournis par les ozoneurs rotatifs.

J'emprunte les éléments de comparaison aux chiffres qui figurent plus haut.

DÉSIGNATION des APPAREILS	RENDEMENTS par kilowatt visible	RENDEMENTS par kilowatt réel	ÉNERGIE NÉCESSAIRE POUR PRODUIRE 1 *kg* D'OZONE kilowatts visibles	ÉNERGIE NÉCESSAIRE POUR PRODUIRE 1 *kg* D'OZONE kilowatts réels	DIFFÉRENCES DES RENDEMENTS en faveur des ozoneurs sans diélectriques par kilowatt visible	DIFFÉRENCES DES RENDEMENTS en faveur des ozoneurs sans diélectriques par kilowatt réel
Ozoneurs statiques à diélectriques et machine à air froid.	*g*	*g*	*kw*	*kw*	%	%
	20,98	54,89	47,66	18,21		
	23,17	59,28	43,16	16,86		
(2 kilowatts d'énergie supplémentaires non comptés dans les tableaux.	21,87	57,22	45,72	17,47		
			Moyenne : 45,51	Moyenne : 17,51		
					70,43	36,00
Ozoneurs rotatifs sans diélectriques et sans machine à air froid.	57,00	68,09	17,5	14,5		
	77,90	93,09	12,8	10,7		
	99,60	118,97	10,4	8,4		
			Moyenne : 13,56	Moyenne : 11,20		

Si l'on se reporte aux résultats des analyses concernant les ozoneurs rotatifs que j'ai publiés en février 1900, on verra qu'avec un ozoneur rotatif série A10, j'obtenais, par disque et par vingt-quatre heures, des résultats variant entre :

0,58 *g* et 3,75 *g* d'ozone pur.

Je suis arrivé, avec un seul élément, à obtenir, par disque et par vingt-quatre heures, 21,38 *g* d'ozone pur.

La concentration en grammes d'ozone, par mètre cube d'air, peut atteindre 6,7 *g*, pour un ozoneur à cinq éléments. La concentration moyenne, pour obtenir une bonne stérilisation de l'eau, varie entre 1,5 *g* et 2,5 *g*, sans avoir recours à l'emploi d'émulseurs.

Avec un débit de 800 *l* à l'heure, un ozoneur à vingt-quatre éléments donne couramment de l'ozone à la concentration de 3 *mg* par litre.

L'opinion qui se dégage de toutes mes recherches, et que je soumets en toute impartialité au lecteur, est la suivante :

1° Les ozoneurs rotatifs entièrement métalliques sont bien supérieurs, au point de vue du rèndement et de la sûreté de leur fonctionnement, aux ozoneurs statiques;

2° Quoique le rendement des ozoneurs statiques ou rotatifs à diélectriques soit moins élevé et que leur maniement soit très délicat, on pourra songer à les utiliser quand on aura à sa disposition la force électrique à bon marché.

J'ai cherché, par mes travaux, à doter l'industrie de générateurs d'ozone aussi perfectionnés que l'état actuel de nos connaissances scientifiques peut nous permettre de le faire. Je crois avoir, dans une certaine mesure, atteint le but que je m'étais proposé.

J'ai apporté une pierre de plus à l'œuvre que tant de chercheurs et de savants ont déjà illustrée par leurs travaux et leurs découvertes.

Je me considérerai comme récompensé, si de l'effort accompli peuvent résulter pour la science et l'industrie quelques progrès sérieux, féconds et durables.

Fabrication des produits nitrés et cyanés. — Mes appareils à électrodes mobiles peuvent être utilisés pour la production des arcs et des étincelles amorcés et éteints périodiquement entre une série d'éléments fixes et une série d'éléments mobiles (pointes de platine).

L'azote et l'oxygène fournissent des nitrites et des nitrates. On peut obtenir de 30 *g* à 40 *g* d'acide nitreux ou nitrique par kilowatt heure.

Un mélange de 10 parties d'hydrogène, 1 partie d'acétylène et 1 partie d'azote fournit de l'acide cyanhydrique.

L'addition d'hydrogène a pour but d'éviter le dépôt de charbon.

CHAPITRE II

ÉPURATION ET STÉRILISATION INDUSTRIELLES DES EAUX

La question de l'épuration et de la stérilisation industrielles des eaux potables par l'ozone prend tous les jours plus d'importance.

Dans ma précédente conférence devant la Société des Ingénieurs Civils, j'ai résumé les remarques les plus importantes auxquelles les travaux antérieurs avaient donné lieu.

J'étais arrivé aux conclusions suivantes :

« Les eaux soumises à l'ozonisation perdent toutes leurs pro-
» priétés nocives et conservent au contraire toutes leurs proprié-
» tés bienfaisantes. Leur goût est inaltéré; les microbes dange-
» reux qu'elles contiennent sont détruits; leurs qualités minérales
» et digestives sont conservées. »

Ces conclusions ont été corroborées depuis par les différentes expériences qui ont été faites.

La planche 59 représente, d'après Macé, les principaux germes contenus dans l'eau.

C'est en France qu'est née l'idée de la stérilisation des eaux par l'ozone.

C'est à l'étranger que les premières tentatives sérieuses de l'application en grand de cette méthode ont été faites.

En Allemagne, deux installations importantes ont été réalisées par mon savant ami, le docteur Erlwein, de la Société Siemens et Halske, l'une à Wiesbaden, l'autre à Paderborn.

Je viens, moi-même, de réaliser une première installation, aux États-Unis, à Niagara Falls.

D'importants projets sont à l'étude en France, quelques-uns sont même à la veille d'être exécutés, mais je juge inutile d'en parler ici, désirant ne pas sortir du terrain strictement scienti-

fique, et ne voulant citer que des choses précises, des faits acquis, et des résultats contrôlés.

Les expériences de Niagara Falls et de Wiesbaden ont mis en lumière plusieurs points importants, qui permettent de fixer avec certitude la technique de l'emploi de l'ozone.

Disposition générale d'une usine de stérilisation.

Deux procédés sont en présence :

1° Le procédé allemand, expérimenté pour la première fois en 1894, à Martinikenfeld, basé sur l'emploi de la colonne de Gay-Lussac :

2° Le procédé français, exploité par la Compagnie de l'Ozone, basé sur l'emploi combiné de la colonne de Gay-Lussac et de l'émulseur.

Je décrirai seulement avec quelques détails le procédé de la Compagnie de l'Ozone.

Deux cas peuvent se présenter :

Premier cas : *L'eau est suffisamment limpide pour être soumise à l'ozonisation directe.*

Deuxième cas : *L'eau doit être soumise à un dégrossissement préalable avant d'être ozonée.*

Dans les deux cas, les dispositions générales pour le traitement par l'ozone sont les mêmes. Le filtre dégrossisseur est inutile dans le premier cas.

La figure 10 représente une vue d'ensemble d'une usine pour le traitement des eaux potables par l'ozone, dans l'hypothèse la plus générale : on suppose qu'il s'agit du traitement d'une eau de rivière.

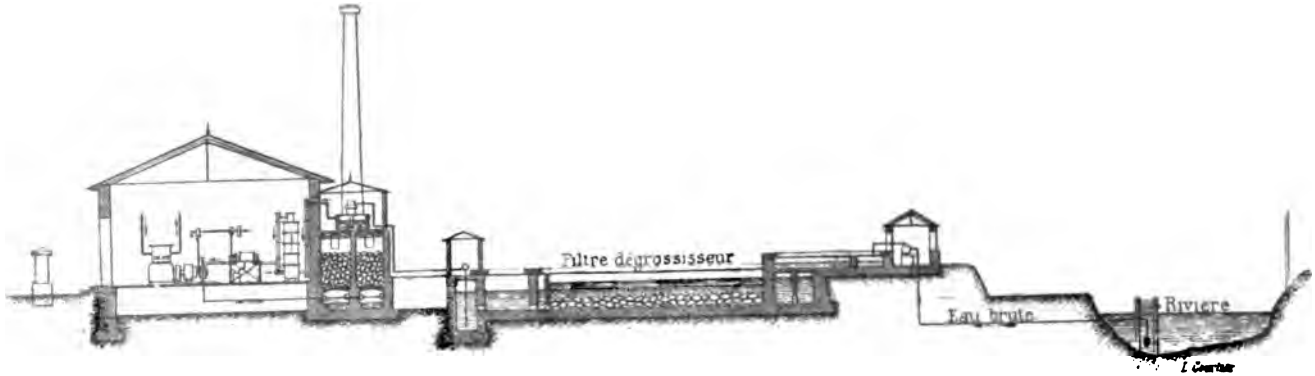
Machines. — L'énergie est fournie par une machine à vapeur A qui actionne :

1° Un groupe électrique B, formé d'une génératrice à courant continu et d'un alternateur ;

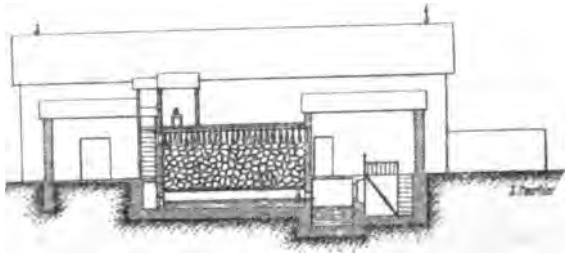
2° Un ventilateur C ;

3° Une batterie d'ozoneurs D.

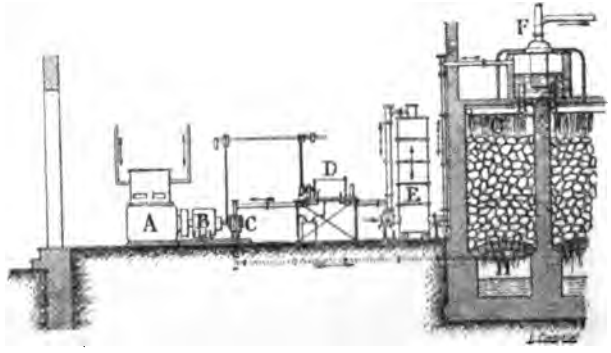
Circuit d'eau. — L'eau brute, puisée dans la rivière, passe d'abord sur un filtre dégrossisseur au sable. Puis elle est mise en charge sur les émulseurs F, par une pompe centrifuge. Elle entre ainsi une première fois en contact avec l'ozone. Elle s'écoule ensuite dans une galerie de stérilisation GH (*fig. 10*, III).



I. Disposition générale d'une usine de stérilisation



II. Coupe d'une galerie



III. Détail des machines, des circuits d'eau et d'ozone

FIG. 10. — Usine de traitement des eaux potables par l'ozone.

Circuit d'ozone. — Pendant que l'eau suit un mouvement descendant, elle rencontre un courant d'air ozoné envoyé par le ventilateur C, qui monte en sens inverse et qui termine la stérilisation que les émulseurs ont commencée.

De la partie supérieure des galeries, l'air ozoné va aux émulseurs par lesquels il est aspiré, se sépare de l'eau, passe par la tubulure T_2, arrive à la colonne à dessécher E et revient à la batterie génératrice D, où, sous l'action des effluves, il se sature de nouveau d'ozone.

La colonne E est munie d'une seconde tubulure latérale T_1 fermée par une vanne, qui permet le renouvellement de l'oxygène atmosphérique.

Concentration d'Ozone
nécessaire pour obtenir une bonne stérilisation.

Faut-il plus ou moins de 3 *g* d'ozone par mètre cube d'air, pour stériliser de l'eau potable ordinaire?

J'ai toujours dit que 3 *g* d'ozone pur par mètre cube d'air était une concentration suffisante.

Ma théorie, basée du reste sur de nombreuses expériences, vient de recevoir en Allemagne une confirmation éclatante.

Deux installations de stérilisation fonctionnent à Wiesbaden et à Paderborn.

Voici les chiffres extraits d'expériences officielles.

DATES DES ESSAIS 1902	NOMBRE DE GERMES PAR CENTIMÈTRE CUBE		CONCENTRATION MOYENNE EN GRAMMES D'OZONE par mètre cube d'air.
	Eau brute.	Eau ozonée.	
26 juin . . .	39.000	8	1,4
30 juin . . .	26.000	12	1,7
27 août . . .	55.000	5	1,6

Ce n'est donc pas 3 *g* d'ozone par mètre cube qui sont nécessaires; 1,7 *g* est suffisant.

D'autres essais ont eu lieu. La concentration pour une stérilisation parfaite, en marche industrielle, a oscillé entre 2,3 *g* et 1,4 *g*.

Expériences de Niagara Falls (États-Unis).

Dans les essais que je viens d'effectuer, il y a quelques semaines à Niagara, sous le contrôle d'une Commission officielle, la concentration d'ozone employé n'a jamais dépassé 2 *g* par mètre cube.

Les résultats obtenus ont été très concluants, ainsi qu'on peut s'en convaincre par l'examen des chiffres ci-dessous.

Il s'agissait, à Niagara, de stériliser l'eau brute du Niagara River, qui était soumise à un dégrossissement préalable, à l'aide d'un filtre à sable.

Les essais ont porté, non seulement sur l'efficacité de l'ozone, mais encore sur l'efficacité du filtre à sable.

A cet effet, trois séries de prélèvements ont été faits pour ces analyses :

Un premier échantillon était pris dans la conduite d'amenée de l'eau brute;

Un deuxième échantillon était prélevé après dégrossissement par le sable;

Un troisième échantillon était prélevé à la sortie de la galerie de stérilisation.

DATES DES ESSAIS 1903		NOMBRE DE GERMES PAR CENTIMÈTRE CUBE		
		Eau brute	A la sortie du filtre à sable	Après l'ozonisation
3 juillet.	1. . .	5 870	3 600	0
	2. . .	»	»	7
	3. . .	»	»	15
	4. . .	»	»	8
7 juillet.	5. . .	6 850	4 100	0
	6. . .	»	»	0
	7. . .	»	»	1
	8. . .	»	»	0
	9. . .	»	»	3
	10. . .	»	»	12

L'efficacité du filtre à sable apparaît dans ces essais comme bien inférieure à celle qui résulte de certaines affirmations plus ou moins interessees.

Quantité d'ozone nécessaire pour la stérilisation d'un mètre cube d'eau et cout de la stérilisation.

Quantité d'ozone. — La quantité d'ozone pur absorbée par 1 m^3 d'eau pour obtenir une stérilisation parfaite est très faible. Quel que soit le nombre de germes à détruire, ce nombre représente, par mètre cube, un poids infime de matière organisée à brûler.

D'après mes propres expériences, cette quantité varie entre

0,5 *g* par mètre cube,

et 0,8 *g* par mètre cube.

Ces chiffres sont corroborés par les essais faits par le docteur Erlwein à Wiesbaden.

Coût de l'ozonisation. — Le coût de l'ozonisation proprement dite, c'est-à-dire la dépense de charbon ou d'énergie électrique nécessaire à la production de l'ozone, paraît devoir rester, dans tous les cas qui se sont présentés jusqu'ici, inférieure à 0,01 *f* par mètre cube.

Dans les essais effectués à Wiesbaden, la dépense a été de 0,4 pfennig pour le charbon employé pour la production de l'ozone.

Frais d'exploitation. — Pour avoir le prix de revient global d'un mètre cube d'eau, il faut ajouter au coût de l'ozonisation l'intérêt et l'amortissement du capital engagé, ainsi que les frais généraux.

D'après le docteur Erlwein, le coût de la purification d'un mètre cube d'eau, pour une usine débitant environ 250 m^3 par heure, est d'environ 2 pfennigs par mètre cube, se décomposant ainsi qu'il suit :

	Pfennigs.	Centimes.
Coût de l'ozonisation	0,40	0,50
Frais d'exploitation.	1,00	1,25
Amortissement du bâtiment, matériel et machines, compté de 3 0/0 à 10 0/0, et intérêts du capital engagé comptés à 4 0/0	0,60	0,75

Dans ce calcul, il n'est pas tenu compte d'une installation de réserve.

En admettant une réserve de 50 0/0, on devra augmenter le prix du mètre cube d'eau ci-dessus indiqué de 0,23 pfennig.

Ce prix de revient n'a évidemment rien d'absolu. Il varie avec les lieux et les circonstances, comme le prix du kilowat varie avec le prix du charbon ou celui de la force hydraulique.

Les installations futures permettront de le déterminer d'une façon plus précise encore.

Ce que l'on peut d'ores et déjà affirmer avec une certitude absolue, c'est que le prix de revient de l'ozonisation apparaît comme ne devant être prohibitif dans aucun cas.

Les filtres électriques.

Les grandes installations de villes sont toujours le fruit d'efforts patients et soutenus.

Pour propager dans le grand public mes méthodes d'épuration, j'ai imaginé des appareils simples et peu coûteux qui se recommandent d'une manière toute spéciale à l'attention des administrations et des particuliers.

Principe des filtres électriques. — Les deux difficultés qui s'opposent à la purification par l'ozone de faibles quantités d'eau sont, d'une part, la production de l'ozone nécessaire à l'aide d'appareils simples et économiques, d'autre part, l'emploi d'un procédé suffisamment efficace pour mettre en contact l'eau et l'ozone, sans avoir recours à des pompes d'aspiration ou de refoulement et à des dispositifs compliqués et coûteux.

Mes filtres électriques sont basés sur le principe suivant : le courant d'eau à stériliser produit lui-même dans un éjecteur-émulseur l'aspiration de l'ozone que fournit un générateur statique ou rotatif. Cette aspiration par l'éjecteur se fait directement dans l'ozoneur, ou par l'intermédiaire d'une colonne où le courant d'ozone s'élève pendant que l'émulsion y descend.

Le réglage et la mise en marche du courant d'eau et du courant d'ozone s'effectuent à la main ou automatiquement au moyen d'un seul et même organe mécanique.

Appareils pour les particuliers.

La figure 11 représente en élévation de face, avec coupe partielle et élévation latérale, un filtre électrique fonctionnant avec un émulseur seul.

Le transformateur A et le générateur d'ozone B sont placés dans une boîte en bois ou en tôle peinte, placée à proximité du robinet d'adduction de l'eau à stériliser.

L'émulseur E est installé au-dessus d'une cuve à eau ou d'un évier.

Un interrupteur C et une résistance D complètent le système.

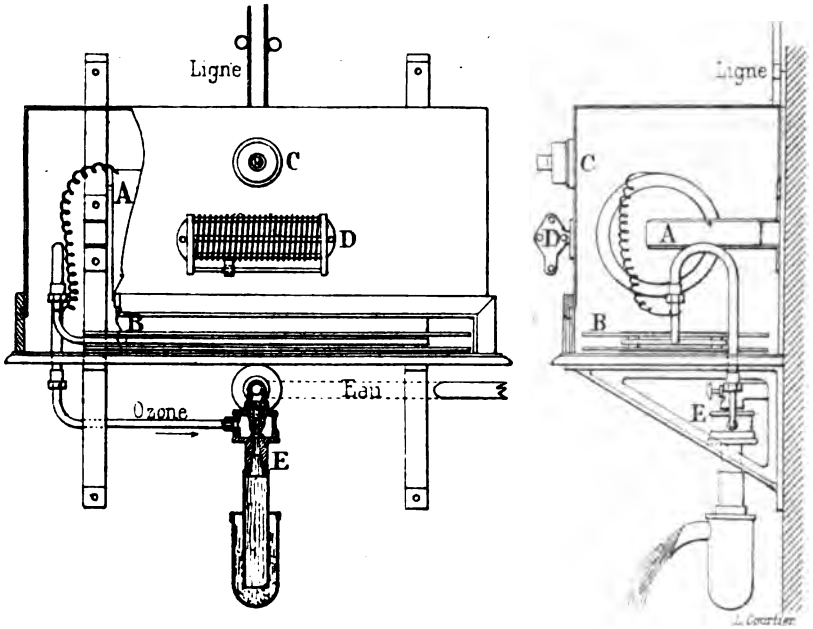


FIG. 11. — Filtre électrique à émulseur seul.

La figure 12 représente en élévation de face et en élévation latérale un appareil avec colonne de Gay-Lussac.

L'eau brute arrive par R, passe par l'émulseur A, la colonne B, le joint hydraulique C et s'échappe par la tubulure E.

Le courant électrique commandé par l'interrupteur I actionne le générateur d'ozone D.

L'action stérilisante de l'ozone dans l'émulseur est complétée par l'action qui s'exerce dans la colonne elle-même.

Par suite de l'évaporation qui se produit au contact du violent courant d'air qu'entraîne l'émulseur, l'eau sort de la colonne sensiblement rafraîchie et parfaitement stérilisée.

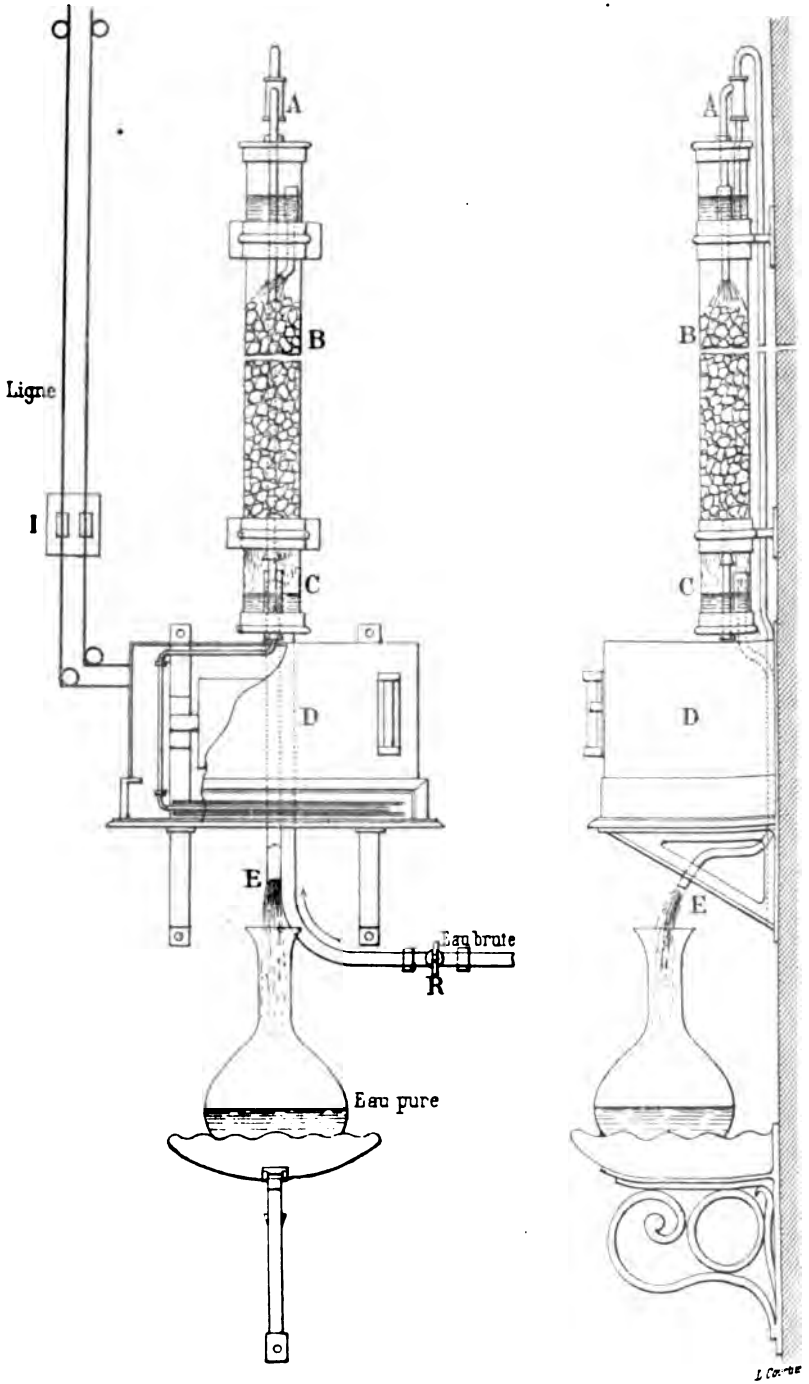


FIG. 12. — Filtre électrique à colonne.

Appareils pour les casernes, les navires et les petites agglomérations.

Ces filtres électriques sont d'un modèle identique à celui qui précède. Les dimensions sont simplement plus considérables et varient avec la quantité d'eau que l'on a à traiter.

L'appareil est essentiellement constitué par une cuve en ciment armé D surmontée d'une colonne de stérilisation BC à aspiration directe. A côté de la cuve se trouve le générateur d'ozone A. Je représente *(fig. 13)* une vue d'ensemble de ce modèle de filtre électrique.

La dépense d'électricité pour un débit moyen de 1 000 *l* à l'heure ne dépasse pas 500 watts.

Pour limiter le plus possible cette dépense, j'ai combiné un régulateur automatique FG qui est actionné par un flotteur E dont le rôle est le suivant :

Lorsque le niveau de l'eau baisse dans la cuve au-dessous d'une certaine limite, la tige du flotteur X_1 X_2 actionne le régulateur automatique : le robinet d'arrêt de la conduite d'eau s'ouvre, les circuits électriques se ferment, l'émulseur et l'ozoneur se mettent en marche.

Le système est réglé de manière que l'eau n'arrive dans la colonne qu'au moment où son atmosphère est saturée d'ozone.

Le niveau de l'eau monte dans la cuve ; lorsqu'il atteint la limite supérieure, la tige du flotteur actionne un levier. Le régulateur automatique ferme le circuit de l'ozoneur et arrête le courant d'eau. La dépense d'énergie est ainsi réduite au minimum. Elle est rigoureusement proportionnée au volume d'eau débité par l'appareil.

Mes filtres électriques présentent sur les filtres ordinaires de nombreux avantages :

1° A prix égal, le débit des filtres électriques est beaucoup plus considérable que celui des filtres ordinaires ;

2° Les filtres électriques fournissent une eau saine, irréprochable et parfaitement stérilisée ; ils ne s'encrassent pas et sont d'un emploi facile et peu coûteux ;

3° Les filtres ordinaires s'encrassent au contraire très facilement et deviennent, au bout d'un temps de fonctionnement très court, de véritables nids à microbes.

Il n'est pas rare de trouver dans les filtres ordinaires des ani-

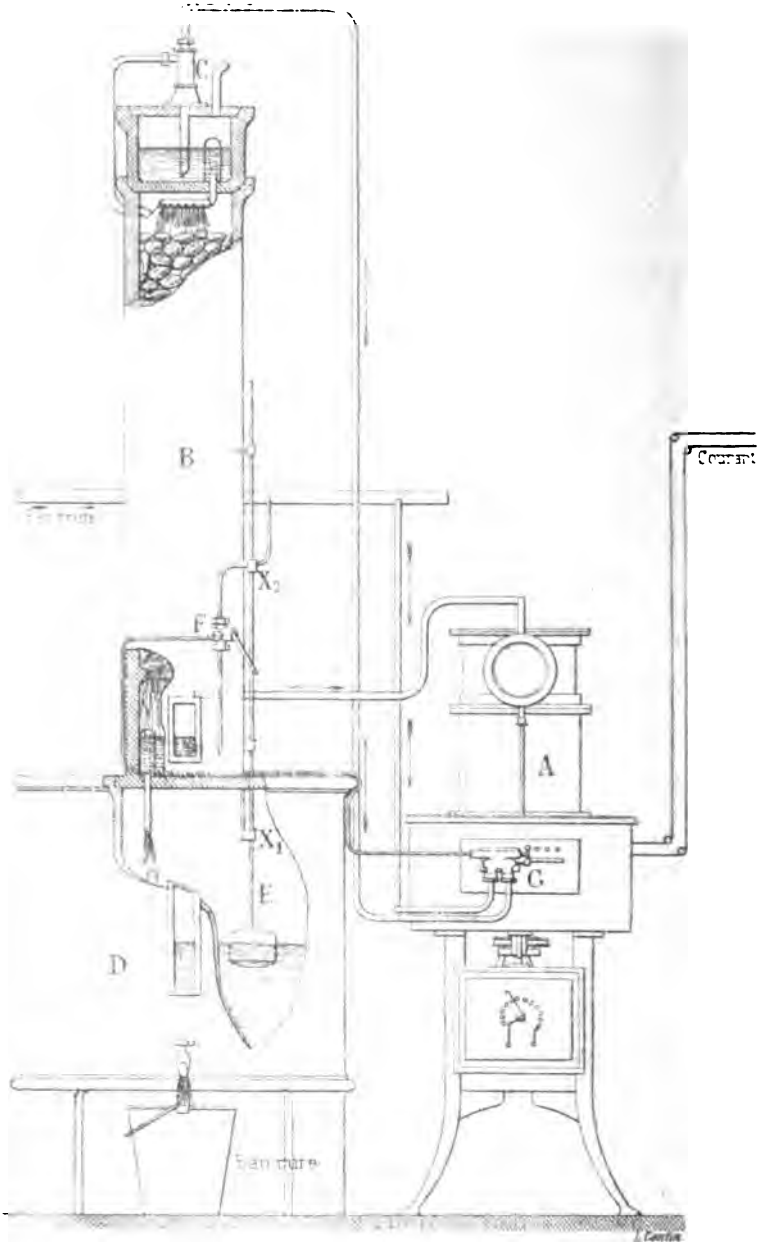


FIG. 13. — Filtre électrique grand modèle avec régulateur automatique.

malcules, des vers, des résidus de toute sorte. Ceux de mes lecteurs qui habitent la banlieue de Paris peuvent attester l'exactitude de mon observation.

Un médecin militaire italien vient de faire paraître, dans la *Rivista marittima*, une très intéressante étude sur les résultats qu'on peut attendre des filtres ordinaires au point de vue de la stérilisation des eaux. Je conseille la lecture de cet article, très sérieux et très documenté, à tous ceux qui veulent être édifiés sur le peu de valeur des appareils filtrants employés jusqu'ici.

Les résultats obtenus par la Commission officielle de Niagara, desquels il résulte qu'un filtre à sable ordinaire retient moins de 50 0/0 des germes de l'eau, viennent corroborer les affirmations du savant italien.

Les filtres ordinaires peuvent être employés pour clarifier l'eau et non pas pour la stériliser. Grâce à l'ozone, les filtres électriques sont au contraire en mesure de donner toutes garanties au point de vue d'une stérilisation parfaite et d'une limpidité absolue.

CHAPITRE III

RÉCENTES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Dans mes précédentes publications, j'ai décrit en détail les principales applications de l'ozone. Je n'y reviendrai pas ici. Je résumerai seulement les plus récentes.

Fabrication de la glace et des eaux de table.

J'ai décrit, dans ma dernière communication, deux dispositifs pour la fabrication de la glace et des eaux de table avec l'eau ozonée.

Ces dispositifs ont été notablement améliorés depuis.

Eaux de table. — La fabrication des eaux de table stérilisées par l'ozone est rendue très commode par l'emploi des appareils que je représente figure 14.

L'installation comprend les organes suivants :

AB. — Cuve de stérilisation de l'eau par l'ozone:

CD. — Générateur d'acide carbonique;

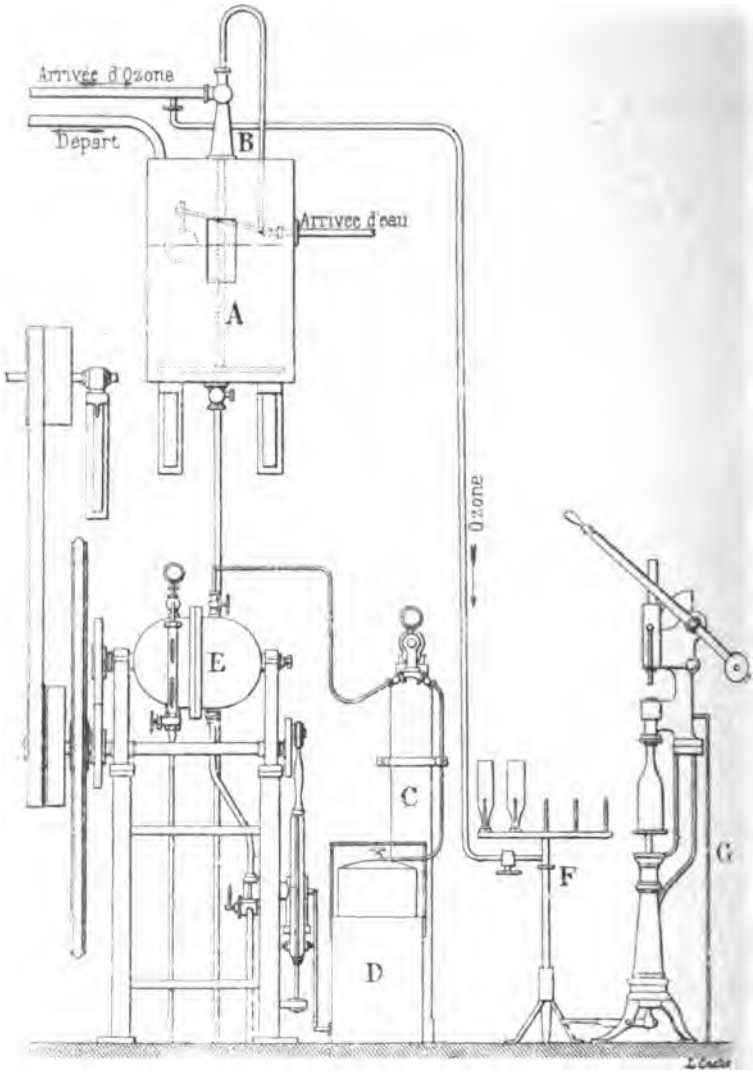


Fig. 14. — Installation pour la fabrication des eaux de table ozonées et gazeuses.

E. — Appareil pour gazéifier légèrement l'eau préalablement soumise à l'ozonisation;

F. — Appareil à stériliser les bouteilles par l'ozone;

G. — Appareil de remplissage.

L'appareil F doit être placé sous une hotte, à cause du fort courant d'ozone qui se dégage. A l'aide d'une semblable installation, un seul ouvrier peut remplir 2 000 bouteilles par jour.

Fabrication de la glace. — L'eau destinée à la fabrication de la glace peut être stérilisée à froid par l'ozone et désaérée par ébullition dans le vide.

Je représente *(fig. 14, Pl. 60)* une installation basée sur ce principe.

A gauche de la gravure, on voit la pompe à vide. En allant vers la droite, on rencontre successivement un bac à stériliser en ciment armé et deux récipients en tôle d'acier dans lesquels on fait bouillir l'eau sous pression réduite pour chasser l'air.

C'est, en grand, la réédition de la célèbre expérience de Franklin.

Fabrication de la vanilline aux États-Unis.

Une importante usine est en voie d'organisation aux États-Unis, pour la fabrication de la vanilline par l'ozone, à l'aide du procédé que j'ai décrit il y a six ans (voir thèse de la Faculté des Sciences de Paris, 1897). La réaction peut s'écrire de la façon suivante :

$$\underbrace{C^6H^3\begin{cases}CH=CH-CH^3\\OH\\OCH^3\end{cases}}_{\text{Iso-eugénol.}} + 2O^3 = 2O^2 + CH^3-CHO + \underbrace{C^6H^3\begin{cases}COH\\OH\\OCH^3\end{cases}}_{\text{Vanilline.}}$$

Je ne me crois pas autorisé à divulguer ici les détails de la méthode employée. J'indiquerai seulement, au point de vue théorique, les réactions essentielles.

La matière première employée n'est autre que l'huile de clou de girofle. Je résume ci-dessous la série des transformations que doit subir l'essence de girofle, pour arriver à donner de la vanilline blanche, bien cristallisée et à odeur fine.

1° L'eugénol contenu dans l'essence de girofle est transformé en sel de potassium par traitement avec la potasse :

$$C^6H^3\begin{cases}CH^2-CH=CH^2\\OH\\OCH^3\end{cases} \longrightarrow C^6H^3\begin{cases}CH^2-CH=CH^2\\OK\\OCH^3\end{cases}$$

2° Le sel de potassium de l'eugénol, fondu, se transforme en

iso-eugénate de potassium, qui, décomposé par l'acide sulfurique, donne l'iso-eugénol :

$$C^6H^3 \begin{cases} CH = CH - CH^3 \\ OH \\ OCH^3 \end{cases}$$

3° Oxydé par l'ozone, l'iso-eugénol fournit un mélange de vanilline brute et d'iso-eugénol non oxydé.

Le mélange de vanilline brute et d'iso-eugénol est dissous dans l'éther.

Par le traitement au bisulfite, on isole une combinaison bisulfitique de vanilline.

Cette combinaison, décomposée par l'acide sulfurique, fournit la vanilline brute :

$$C^6H^3 \begin{cases} CHO \\ OH \\ OCH^3 \end{cases}$$

L'iso-eugénol non attaqué par l'ozone est récupéré.

4° La vanilline brute est distillée et cristallisée.

La vanilline ainsi préparée est identique à la vanilline naturelle que l'on extrait des gousses du vanillier.

On peut se demander, *a priori*, par quel singulier enchaînement d'idées j'ai pu être amené à faire de la vanilline en utilisant comme matière première de l'essence de girofle.

C'est simplement parce que l'essence de girofle est constituée presque en totalité par un composé, *l'eugénol*, dont la structure moléculaire est presque identique à celle de la vanilline. Il suffit d'abattre un pignon d'angle de la molécule, si j'ose m'exprimer ainsi, de fixer un atome d'oxygène sur le groupe restant, et l'on obtient la vanilline.

L'emploi de l'ozone, qui est un oxydant très énergique, et qui a, en outre, le très grand avantage de se présenter sous une forme gazeuse, permet de réaliser aisément cette opération.

En appliquant la même méthode, on transforme l'isosafrol en héliotropine :

$$\underbrace{C^6H^3 \begin{cases} CH = CH - CH^3 \\ O \\ O \end{cases} > CH^3}_{\text{Isosafrol.}} + 2O^3 = 2O^2 + CH^3 . COH + \underbrace{C^6H^3 \begin{cases} COH \\ O \\ O \end{cases} > CH^2}_{\text{Héliotropine.}}$$

et l'anéthol en aubépine :

$$\underbrace{C^6H^4<\begin{matrix}CH=CH-CH^3\\OCH^3\end{matrix}}_{\text{Anéthol.}}+2O^3=2O^2+CH^3.COH+\underbrace{C^6H^4<\begin{matrix}CHO\\OCH^3\end{matrix}}_{\text{Aubépine.}}$$

Dans le monde des atomes, les migrations moléculaires, les changements les plus subtils, les modifications les moins importantes en apparence, produisent de vraies révolutions. Les propriétés physiques et chimiques des corps sont profondément modifiées, une odeur désagréable se transforme en un parfum délicieux. Harmonie mystérieuse des choses...

Blanchisserie du Marché Saint-Honoré a Paris.

Grâce à l'initiative courageuse d'un grand industriel parisien, M. Charvet, une blanchisserie modèle, à l'ozone, vient d'être

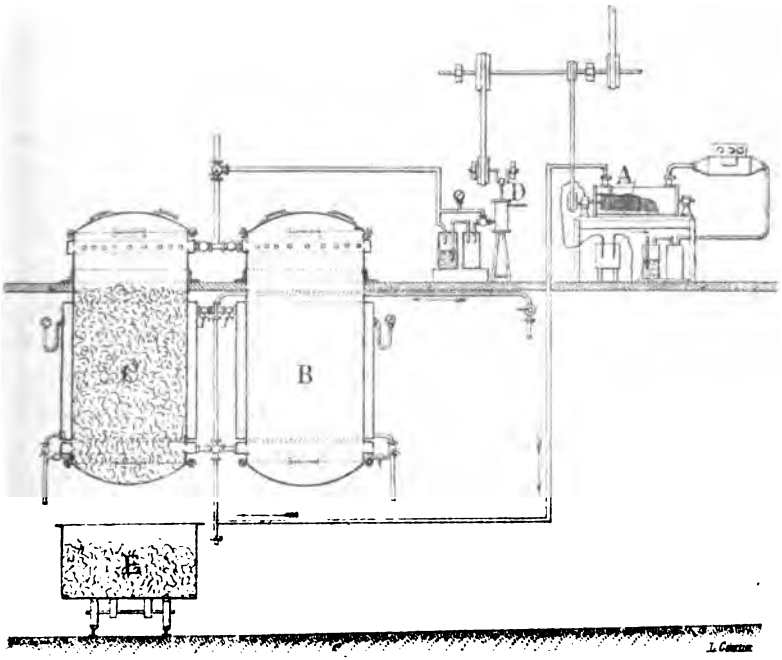


Fig. 15. — Schéma de l'installation des ozoneurs et des cuves à stériliser.

installée au Marché Saint-Honoré. Le Conseil municipal de Paris a autorisé cette création dans les locaux appartenant à la Ville, après avis favorable du Comité d'Hygiène.

Une licence des procédés employés par M. Charvet a été concédée aux établissements hospitaliers de la capitale.

L'ozone est utilisé dans la blanchisserie Charvet, pour la désinfection du linge et pour le blanchiment proprement dit.

La désinfection s'effectue à l'aide d'un appareil dont la figure 15 donne la disposition schématique. A est un générateur d'ozone; B, C sont les cuves à stériliser; D est une pompe à vide; E, un wagonet récepteur du linge stérilisé.

Les figures 15 à 21 *(Pl. 60)* complètent notre schéma et sont les reproductions de photographies faites dans l'usine du Marché Saint-Honoré.

Ces photographies donnent une idée bien nette de l'ensemble et de l'importance de l'installation.

Au moment où il pénètre dans la blanchisserie, le linge est jeté dans de grands cylindres verticaux, dénommés « Fours à ozone », et munis de deux ouvertures : la première s'ouvrant au rez-de-chaussée, la seconde débouchant dans le sous-sol, dans une pièce où s'effectue le triage.

Le linge n'arrive donc dans l'usine que parfaitement désinfecté. Les maladies contagieuses, dont les tissus portés par les malades sont si souvent le véhicule, ne peuvent plus se transmettre d'un paquet de linge à un autre. C'est là une garantie hygiénique de premier ordre, dont le monde scientifique et médical a apprécié l'importance.

L'opération de désinfection s'effectue en introduisant dans le « Four à ozone » un courant de vapeur d'eau, qui humidifie le linge. On fait ensuite le vide dans l'appareil d'une façon aussi complète que possible, à l'aide de la pompe D. En manœuvrant les robinets, on y injecte un courant d'ozone concentré, fourni par l'appareil rotatif A.

Cette double opération a pour effet de désinfecter les objets traités d'une façon complète et de faire disparaître toute trace de mauvaise odeur.

Si l'on craint que la désinfection ne soit pas suffisante, on peut refaire le vide une ou plusieurs fois, et faire ensuite arriver un nouveau courant d'ozone.

Les matières désinfectées sont reçues dans des wagonnets E que l'on amène sous les « Fours à ozone ». Pour décharger les cylindres, on abat leurs fonds. Les cuves sont pourvues de robinets de purge et d'autres accessoires, ainsi que d'un indicateur de pression.

Une fois traité, le linge passe dans les lessiveuses; il est essoré et séché dans une atmosphère ozonée, qui augmente encore sa blancheur.

CONCLUSIONS

Tels sont, exposés dans leurs grandes lignes, les progrès récents réalisés dans l'industrie de l'ozone.

Au point de vue de la production de l'ozone, je suis arrivé à créer toute une série de générateurs d'un type vraiment commercial et industriel.

J'ai mis en évidence la supériorité du métal sur le verre.

Les méthodes d'investigations se sont perfectionnées, et des chiffres précis fixent aujourd'hui le rendement de chaque appareil.

En ce qui concerne l'épuration et la stérilisation industrielles des eaux potables, l'ozonisation a affirmé ses droits et sa valeur, aussi bien en Europe qu'en Amérique.

En France, les municipalités se sont émues. La question de stérilisation des eaux par l'ozone a été discutée devant les conseils municipaux des villes les plus importantes.

Mes filtres électriques résolvent d'une manière simple la question d'alimentation, en eau potable, des particuliers et des petites agglomérations.

Dans le domaine des applications industrielles, l'ozone s'est définitivement implanté. Basées sur son emploi, des usines bien établies, donnant des résultats rémunérateurs, fonctionnent à l'heure actuelle.

Que de chemin parcouru en quelques années!

Que de difficultés aplanies!

Que d'obstacles surmontés et vaincus!...

Les regards jetés sur le passé me font bien augurer de l'avenir.

D'autres viendront qui termineront l'œuvre ébauchée, et qui justifieront le mot de l'illustre Frémy, affirmant, il y a près d'un demi-siècle, qu'il n'y avait pas dans la chimie moderne de découverte plus importante que celle de l'ozone.

La confiance de Frémy, mon maître illustre Friedel l'avait partagée. Il ne cessa jusqu'aux derniers mois de sa vie de me prodiguer ses conseils éclairés et ses encouragements amicaux. Je reporte à sa mémoire la meilleure part des succès remportés et des résultats acquis.

CHRONIQUE

N° 287.

Sommaire. — Les dispositifs de changement de marche dans les machines à vapeur (*suite et fin*). — Prix de revient de la force motrice. — Edward Woods. — Le professeur Thurston. — Le chauffage central à Dresde. — Les conduites de gaz naturel.

Les dispositifs de changement de marche dans les machines à vapeur (*suite et fin*). — On peut diviser les appareils de cette classe en deux groupes, suivant que la courbe fermée décrite par l'extrémité de la barre est un cercle obtenu au moyen d'un excentrique ou d'un bouton de manivelle, ou une courbe irrégulière tracée par un point intermédiaire d'une bielle motrice ou d'une pièce reliée à celle-ci. Dans le premier groupe figurent les systèmes Solms, Hackworth, Marshall, Bremme, Klug, etc., dans le second, les systèmes Brown, Joy, etc.

Les dispositifs de cette dernière classe, n'exigeant pas l'emploi d'excentriques, sont souvent appliqués sur des locomotives pour des mécanismes intérieurs, où la place manque pour les excentriques, et sur des bateaux, à roues avec trois cylindres, pour la même raison. Ils se prêtent, d'ailleurs, très bien à la commande de tiroirs placés au-dessus des cylindres.

Nous signalerons, dans le premier groupe, un dispositif très simple, employé par la maison Orenstein et Koppel sur de petites locomotives. C'est le système Solms, tel qu'il a été décrit par l'inventeur, mais rendu applicable à la locomotive par un artifice ingénieux.

La barre de commande est verticale dans sa position moyenne et actionnée, à sa partie inférieure, par un bouton de manivelle à course réduite. L'extrémité supérieure s'articule au bout d'un levier, oscillant sur l'extrémité d'un bras porté par l'arbre de relevage et auquel celui-ci peut donner des inclinaisons différentes. La bielle du tiroir part d'un point intermédiaire de la barre et se dirige horizontalement vers le distributeur.

Une condition essentielle est que la distance entre l'axe de l'essieu moteur et celui de l'arbre de relevage reste invariable, malgré les oscillations des ressorts. A cet effet, les supports de cet arbre et les boites à huile de l'essieu sont reliées ensemble par des chandelles.

Avec cette disposition fort simple et qui fonctionne parfaitement sur des locomotives dont le poids va jusqu'à 20 *t*, on peut réduire le nombre des articulations de chaque mécanisme de distribution à quatre, alors qu'aucun autre mécanisme employé pratiquement sur les locomotives ne permet de descendre au-dessous de six.

On reproche aux dispositifs du genre radial de donner lieu à des frottements excessifs et à des réactions violentes amenés par des obliquités qu'on n'est pas toujours maître de réduire autant qu'il le faudrait

pour des raisons d'encombrement. Il y a certainement quelque chose de fondé dans ce reproche, et il est de fait que les distributions radiales se répandent peu et que leur emploi reste borné à des cas spéciaux.

Nous ne quitterons pas ce sujet sans appeler l'attention sur ce point assurément curieux et peu connu, que les trois systèmes de changement de marche en usage actuellement dans les machines à vapeur à renversement et surtout dans les locomotives, savoir : la coulisse, le système Walschaerts et la distribution dite radiale, datent tous de la même époque comme invention, soit de 1843 et 1844; il faut ajouter que leur fortune immédiate a été bien différente.

Il est à peine nécessaire de dire que l'observation faite sur la réalisation de la détente variable à propos des appareils à coulisse s'applique entièrement aux distributions radiales.

8° *Double came se déplaçant longitudinalement sur son arbre.* — Dans quelques machines à distribution par soupapes, on a fait opérer le changement de marche en employant deux jeux de cames, disposés l'un pour un sens, l'autre pour l'autre sens de la marche. Ces cames ou plutôt manchons à bosses étaient accolés et pouvaient glisser le long de leur arbre, de manière à se mettre l'un ou l'autre en regard des soupapes à commander.

Il semblerait, d'après des renseignements malheureusement trop vagues pour qu'on puisse être affirmatif à ce sujet, qu'une disposition de ce genre aurait été appliquée aux appareils moteurs des paquebots à hélice *François-Arago* et *Jacquart*, construits, vers 1854, par la Compagnie des Établissements Cavé, pour la Compagnie Gauthier, et destinés à faire un service transatlantique entre le Havre et New-York. Ces machines, à trois cylindres verticaux de 500 *ch* de puissance nominale, devaient fonctionner avec la vapeur d'eau et la vapeur d'éther, mais paraissent n'avoir jamais employé que la première.

Quoi qu'il en soit, la disposition de changement de marche qui nous occupe, figure sur les machines des trois bateaux à roues du Weser, le *Werra*, le *Fulda* et le *Vulcan*, construits en 1855 par les chantiers Waltjen et C^ie^, à Brême. C'étaient des machines inclinées de 250 *ch* avec bâtis en tôle et cornières faisant pour ainsi dire partie de la coque. L'arbre des roues commandait par engrenages d'angle l'arbre porte-cames parallèle à l'axe du cylindre. Un grand levier permettait de faire glisser l'ensemble des cames sur leur arbre pour le changement de la marche aux deux cylindres simultanément. On trouvera le dessin de ces machines dans le *Zeitschrift der Vereines Deutscher Ingenieure*, 1891, pages 777 et suivantes.

Notre Collègue, M. Audemar, alors Ingénieur des mines de Blanzy, a employé la double came pour opérer la détente variable dans les machines d'extraction, en conservant la coulisse pour le changement de marche, les deux systèmes étant reliés pour qu'il n'y eût qu'un seul organe de manœuvre, mais de telle sorte que les cames produisissent déjà une assez forte détente avant que les lumières découvertes par le tiroir eussent leur section trop rétrécie par la réduction de course du tiroir. On trouvera la description du système Audemar, qui reçut un certain

nombre d'applications, dans le *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale*, 1869-1870, pages 283 et suivantes.

La Société Cockerill, de Seraing, a appliqué la came double disposée comme ci-dessus, pour opérer la distribution avec la détente variable dans les machines d'extraction, en supprimant entièrement la coulisse pour le changement de marche. Cette disposition a reçu également un assez grand nombre d'applications. On en trouvera la description dans le *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale* de 1873, pages 569 et suivantes.

9° *Dispositifs faisant changer de rôle à volonté aux conduits et lumières aboutissant aux cylindres.* — Ces dispositifs, d'un emploi assez restreint et réduit à certains cas spéciaux, se divisent en trois classes :

A. — Le distributeur étant commandé par un mécanisme ne comportant pas de changement de marche, on dispose un organe consistant en un robinet à quatre fins ou un tiroir pour renverser le rôle des conduits d'arrivée et de sortie de vapeur, de façon que le tuyau de vapeur devienne à volonté tuyau d'échappement et inversement. Ce système exclut l'emploi de l'avance et du recouvrement et ne donne, par suite, qu'une très mauvaise régulation, il n'est applicable qu'à de très petits moteurs, treuils à vapeur, machines à gouverner, etc. Il exige, de plus, des précautions spéciales pour que le tiroir ne soit pas soulevé, lorsque la vapeur sous-pression agit dans son intérieur;

B. — On peut résoudre le problème d'une manière plus satisfaisante en interposant, entre le tiroir ordinaire et sa table, un bloc percé de lumières, les unes droites, les autres obliques et disposées de telle sorte que, dans une position du bloc, l'avant du tiroir, par exemple, distribue sur l'avant du cylindre par les lumières droites, tandis que, si on déplace le bloc d'une certaine quantité, l'avant du tiroir, par les lumières obliques, distribue sur l'arrière du cylindre. On opère donc le changement de marche en déplaçant simplement le bloc d'une position à l'autre au moyen d'un levier ou d'une vis. On peut ainsi avoir une aussi bonne distribution dans les deux sens qu'avec les autres systèmes.

Ce dispositif paraît dû à l'Ingénieur américain Eastwick et date de 1835. Il fut, dit-on, appliqué à plus de 200 locomotives construites en Russie, par Harrison et Wynans, pour le chemin de fer Nicolas. Mais on ne gagnait rien quant à la simplicité, car on avait dû munir ces machines d'appareils spéciaux de détente variable. Aussi ce système est-il abandonné depuis longtemps. Nous en avons cependant fait l'application, il y a une quinzaine d'années, à un tender-moteur pour le chemin de fer monorail Lartigue;

C. — On peut enfin arriver au même but par l'emploi d'un tiroir de forme spéciale comportant deux coquilles adjacentes séparées par une barrette de même largeur que les deux barrettes extrêmes. Ce tiroir peut occuper deux positions moyennes distantes de l'écartement entre le milieu d'une des coquilles et le milieu du tiroir complet, écartement qui est égal à la demi-ouverture intérieure d'une coquille augmentée de la demi-largeur d'une barrette.

Si la position moyenne du tiroir est telle que le milieu d'une des

coquilles coïncide avec le milieu de la table des lumières, la distribution se fait par l'extérieur du tiroir d'un côté et par l'intérieur de l'autre. Si on déplace le tiroir de manière que, dans la position moyenne, ce soit le centre du tiroir complet qui coïncide avec le centre de la table, la distribution se trouve renversée. Il suffit donc de modifier la longueur de la tige du tiroir de la quantité indiquée plus haut par le moyen d'un système de leviers ou d'une vis. Cette disposition est simple, mais ne donne pas une distribution avantageuse, car elle ne comporte ni avance ni recouvrement. Elle a été employée par la maison Danek et Cie, de Prague, pour une machine de plan incliné. On en trouvera la description détaillée dans la *Revue Industrielle* du 17 février 1875, page 33.

Nous aurions, dans ce qui précède, passé en revue tous les systèmes de changement de marche qui ont reçu une application pratique plus ou moins étendue, si nous ne pensions devoir, par acquit de conscience, dire un mot de dispositifs qui ne rentrent dans aucune des catégories précédentes. Nous voulons parler de quelques rares machines à cylindres oscillants où la distribution de la vapeur s'opère par l'oscillation même du cylindre. On peut distinguer deux cas, suivant que le distributeur est actionné ou non par un mécanisme.

Ce dernier cas comprend certaines machines où un des tourillons forme la clé d'un robinet à quatre voies et, en tournant alternativement d'un sens et de l'autre dans un support percé d'orifices convenables, met par son mouvement les extrémités du cylindre en communication avec l'arrivée ou la sortie de la vapeur. Pour changer le sens de la marche dans des machines ainsi disposées, on leur adjoint un robinet à quatre voies ou un tiroir qui change à volonté le rôle des tuyaux d'arrivée et de sortie de la vapeur, comme dans certains systèmes de la classe 9. On ne trouve cet arrangement que sur des appareils de faible puissance, tels que treuils à vapeur, etc.

Le premier cas se rencontre très rarement : nous n'en connaissons que trois exemples déjà anciens, mais il s'agit de machines assez puissantes.

Le premier exemple est celui du bateau la *Picardie*, construit à Paris, vers 1840, par Dietz, pour la navigation de l'Oise, et qui fut envoyé ensuite par mer sur la Garonne. La machine, de 60 *ch*, à haute pression sans condensation, comportait deux cylindres oscillants verticaux de 0,38 *m* de diamètre et 0,82 *m* de course. La tige du tiroir était reliée à un des bras d'un levier coudé et articulé sur le cylindre, et dont le second bras, vertical dans la position moyenne du cylindre, s'accrochait à une bielle attachée à charnière à son autre extrémité au bâti de la machine. L'oscillation du cylindre déterminait ainsi le déplacement alternatif du tiroir. Pour pouvoir changer le sens de la marche, on avait disposé un second levier coudé relié par une tringle au premier et oscillant en sens inverse de celui-ci ; la manœuvre du changement de marche consistait à dégager la bielle articulée au bâti du bouton du premier levier coudé pour l'engager avec le bouton du second levier coudé, en manœuvrant le tiroir à la main pour présenter le bouton convenable à l'encoche de la bielle, absolument comme dans une disposition décrite plus haut dans la 4e classe.

Le second exemple à notre connaissance est celui d'un bateau du passage de l'Escaut, entre Anvers et la Tête de Flandre, dont la machine oscillante possédait, autant que nous pouvons nous en souvenir, une distribution du genre de la précédente. C'était déjà un vieux bateau en 1857, et nous ne saurions dire si le système de changement de marche datait de la construction de la machine, ou avait été introduit ultérieurement dans un but de simplification.

Le troisième exemple est emprunté à un bateau à vapeur de la Seine, dont la machine avait été refaite par les ateliers Cavé en 1850, dans le but de lui assurer la plus grande vitesse possible, pour écraser une concurrence. On s'était attaché à donner à l'appareil moteur la plus grande légèreté possible; les bâtis étaient en bois, et on avait supprimé toutes les pièces dont il était possible de se passer. La machine, de 120 *ch* de puissance, était à deux cylindres oscillants inclinés, placés un de chaque bord du bateau; elle était à très haute pression, 10 *atm*, tension énorme pour l'époque, car on ne dépassait pas 7 ou 8 dans les locomotives (1), et sans condensation. Chaque cylindre avait un tiroir d'admission en dessus et deux plaques glissantes en dessous, pour l'échappement. Les distributeurs avaient leurs tiges reliées à un levier dont l'axe d'oscillation, placé au milieu, était porté par le cylindre; cet axe se prolongeait en dehors du cylindre, et recevait un bras terminé par un coulisseau glissant dans une coulisse fixe en arc de cercle. Le déplacement du levier, amené par l'oscillation du cylindre, déterminait le mouvement du tiroir.

Cet arrangement a été employé par Cavé, par Kientzy et peut-être encore par d'autres constructeurs, pour des machines oscillantes sans changement de marche. Pour rendre celle dont nous nous occupons apte à tourner dans les deux sens, il a suffi de disposer la coulisse avec un axe en son milieu, cet axe portant un levier de commande au moyen duquel on pouvait donner à la coulisse trois positions, correspondant : l'une à la marche en avant, la seconde au point mort, et la troisième à la marche en arrière (2). Il est intéressant de noter ici qu'on a, dans ce cas, pu constater une fois de plus que c'est un mauvais système que de vouloir obtenir de la légèreté en sacrifiant le fonctionnement; la simplification réalisée dans la machine proprement dite par la suppression de la condensation et des organes nécessaires pour obtenir une bonne distribution était beaucoup plus que compensée par l'accroissement dans le poids des chaudières et de l'eau qu'elles contenaient, dû à la médiocre utilisation de la vapeur. Malgré une très grande dépense de combustible, on ne réalisa pas les vitesses espérées.

En terminant cette note, qui a pris des proportions que nous n'avions pas prévues au début, nous aurions peut-être à nous excuser d'avoir insisté un peu longuement sur des systèmes aujourd'hui tombés en désuétude et remplacés par d'autres plus perfectionnés. Nous invoquerons, à titre de justification, en dehors de l'intérêt historique qui s'attache à ces

(1) Il s'agissait alors de pressions absolues.

(2) Si les machines oscillantes étaient encore en usage, on pourrait perfectionner cette distribution simple, mais défavorable au bon emploi de la vapeur, par l'addition d'un levier d'avance, comme dans le système Walschaerts; ce levier étant commandé par la tige du piston, l'oscillation du cylindre n'entraînerait aucune complication.

systèmes, et du rôle qu'ils ont joué d'une manière plus ou moins manifeste dans la genèse de leurs successeurs, ce fait que, dans le domaine de la mécanique appliquée, il peut être imprudent de déclarer un système définitivement abandonné. L'avenir casse quelquefois ces jugements. Nous n'en citerons qu'un exemple, mais il est péremptoire.

Le dispositif de changement de marche avec excentrique libre sur l'essieu fut abandonné pour les locomotives en 1835 en faveur du système à deux excentriques fixes à fourchettes d'abord et avec coulisse ensuite. Or, 54 ans plus tard, notre distingué collègue, M. F.-W. Webb, le reprit avec succès pour les locomotives, dans des conditions spéciales, il est vrai. Il l'appliqua en 1889 pour la distribution du cylindre à basse pression des machines de la classe dite *Teutonic*, et le succès fut tel que le même dispositif fut encore employé sur les locomotives de la classe *Greater Britain*, construites en 1891, et sur d'autres, jusqu'à ce que M. Webb arriva à l'emploi des locomotives à quatre cylindres dans lesquelles le tiroir à basse pression a sa commande reliée à celle du tiroir à haute pression, ainsi que nos collègues ont pu le voir sur la machine *La France*, spécimen de ce type exposé à Vincennes en 1900. Il semble que le système dont nous parlons trouverait une application avantageuse sur les locomotives où le grand cylindre de la machine Webb se trouve dédoublé, comme les locomotives compound à quatre cylindres en deux groupes dont chacun commande un essieu moteur, si employées actuellement.

Prix de revient de la force motrice. — Le *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, de mai 1903, contient un rapport de MM. Goerich, E. Zuber et C. de Lacroix sur un projet d'utilisation de la force motrice du Rhin, rapport qui donne des chiffres très intéressants sur le prix de revient de la force motrice, question que nous avons plusieurs fois déjà eu occasion d'examiner dans ces chroniques.

Le projet dont il s'agit, étudié par plusieurs ingénieurs, parmi lesquels figure notre collègue, M. Potterat, consiste à établir un barrage sur le Rhin, près de Niffer, pour créer une chute d'une dizaine de mètres, avec un débit de 250 m^3, ce qui permettrait de réaliser une puissance de 23 000 *ch*, avec seize groupes électrogènes; la moitié de cette puissance serait transportée à Mulhouse, l'autre, dans d'autres localités. Les auteurs du projet estiment qu'il serait possible en admettant une large rémunération des capitaux engagés, estimés à un chiffre de 18 750 000 francs, de vendre l'énergie électrique, à Mulhouse, à raison de 125 francs par cheval et par an.

Les auteurs du rapport sont d'avis que ce prix doit être augmenté de l'intérêt et de l'amortissement des sommes à dépenser par les industriels pour l'utilisation du courant électrique dans leurs usines, pour l'installation des réceptrices, transformateurs, etc., ce qui ne peut être estimé à moins de 30 *f* par cheval et par an. La dépense annuelle, par cheval et par an, serait donc portée à 155 *f* et, en admettant un rendement de 90 0/0 pour les réceptrices, à 172 *f* par cheval rendu sur transmission et par an.

Le rapport compare ce prix au prix de revient de la force motrice obte-

nue par un moteur à vapeur établi dans l'usine, et cela, dans quatre cas :

1° Une machine à vapeur de 1 000 chevaux, avec chaudières timbrées à 13 *kg* et réchauffeur;

2° Une machine à vapeur compound de 500 *ch*, avec chaudières à 11 *kg* et réchauffeur;

3° Une machine à vapeur de 100 *ch*, à un cylindre, avec chaudière à 8 *kg* sans réchauffeur;

4° Un moteur à gaz pauvre de 100 *ch*.

Machine de 1 000 chevaux effectifs :

Prix d'achat de la machine.	110 000 *f*
Accessoires, treuil et grue roulante	12 000
Quatre chaudières de 150 m^2	50 000
Réchauffeur Green	15 000
Tuyauterie, etc.	15 000
Aides et accessoires de montage	5 000
Bâtiment de la machine et des chaudières, cheminée, fondations, massifs des fourneaux . .	85 000
TOTAL.	292 000 *f*

Frais d'exploitation avec 3 300 heures de marche par an et 0,8 *kg* de houille par cheval-heure effectif :

Houille par an $= 0{,}8 \times 3\,300 \times 1\,000 = 2\,640$ *t*, à 23,50 *f* soit	62 040 *f*
Graissage.	4 000
Chauffeurs et soigneurs	6 000
Entretien, réparations, fournitures diverses . .	10 000
Intérêt et amortissement à 10 0/0	29 200
TOTAL.	111 240 *f*

soit 111,24 *f* par cheval effectif et par an.

Machine de 500 chevaux effectifs :

Prix d'achat de la machine.	65 000 *f*
Accessoires, treuil et grue roulante	8 000
Trois chaudières de 125 m^2	36 000
Réchauffeur Green	10 000
Tuyauteries, etc.	10 000
Aides et accessoires de montage	3 500
Bâtiments (détail comme ci-dessus)	70 000
TOTAL.	203 500 *f*

Frais d'exploitation avec 3 300 heures de marche par an et 0,9 *kg* de houille par cheval effectif et par heure :

Houille par an = 0,9 *kg* × 500 × 3 300 = 1 485 *t* à 23,50 *f*, soit	34 897 *f*
Graissage	2 500
Chauffeurs et soigneurs	4 500
Entretien, réparation, fournitures diverses	7 000
Intérêt et amortissement à 10 0/0	20 250
TOTAL	69 147 *f*

soit 138,29 *f* par cheval effectif et par an.

Machine de 100 chevaux effectifs :

Prix d'achat de la machine	20 000 *f*
Accessoires	2 000
Chaudière	9 000
Tuyauteries	3 000
Aides pour le montage et divers	1 500
Bâtiments (détail comme ci-dessus)	27 500
TOTAL	63 000 *f*

Frais d'exploitation avec 3 300 heures de travail par an et 1,25 *kg* de houille par cheval-heure effectif.

Houille par an = 1,25 × 100 × 3 300 = 412,5 *t* à 23,50 *f*, soit	9 693 *f*
Graissage	600
Chauffeur et soigneurs	1 200
Entretien et réparation, fournitures diverses	3 000
Intérêt et amortissement à 10 0/0	6 300
TOTAL	20 793 *f*

soit 208 *f* par cheval effectif et par an.

Moteur à gaz pauvre de 100 chevaux effectifs :

(Chiffres donnés par M. A. Witz)

Prix d'achat du gazogène et du gazomètre	16 000 *f*
Maçonneries	600
Moteur à gaz	24 000
Fondations	1 000
Montage	1 500
Tuyauteries	2 500
Bâtiment	10 000
TOTAL	55 600 *f*

Frais d'exploitation, comme ci-dessus, avec 0,65 *kg*, de charbon par cheval-heure effectif.

Charbon par an — $0.65 \times 100 \times 3\,300 = 214{,}50$ *t* à 35 *f*.	7078 50 *f*
Graissage	600 »
Entretien, etc.	1500 »
Personnel	3000 »
Intérêt et amortissement à 12,5 0/0	6950 »
TOTAL.	19128 50 *f*

soit 191,30 *f* par cheval effectif et par an.

Il résulte de ces chiffres que, pour les installations importantes, l'industriel a avantage à employer des moteurs à vapeur convenablement établis et que ce n'est qu'à partir de 200 à 300 *ch* qu'il pourra y avoir avantage à prendre la force motrice à l'usine hydroélectrique.

Il faut, de plus, remarquer que les moteurs thermiques n'ont pas dit leur dernier mot. On n'a pas tenu compte, dans ce qui précède, de l'économie réalisée par la surchauffe, de l'utilisation possible du calorique de la vapeur d'échappement, au moyen de l'acide sulfureux, etc., pas plus que des progrès récents accomplis par les moteurs à gaz, dont la consommation approche aujourd'hui de 0,5 *kg* de houille par cheval-heure. On arrivera probablement à établir des gazogènes pouvant employer des houilles ordinaires. Le prix de la force motrice à vapeur et à gaz s'abaissera certainement encore d'une façon sensible dans un avenir prochain.

Les auteurs du rapport croient que, pour juger en connaissance de cause de l'intérêt du projet qu'ils ont eu à examiner, il serait utile de comparer encore le prix de revient auquel ce projet permettrait d'arriver, à celui d'une station centrale électrique à vapeur. Mais presque toutes les usines de ce genre ont été créées, à l'origine, pour faire surtout de l'éclairage; les transports de force et la traction sont venus s'y ajouter, mais la plupart de ces installations ne sont pas suffisamment alimentées et leurs frais d'exploitation sont relativement élevés. La comparaison des prix de revient n'est réellement intéressante que si on prend une usine électrique destinée à faire surtout du transport de force dont l'importance serait, aussi exactement que possible, proportionnée aux besoins.

En 1893, MM. Zweifel et Hoffmann ont présenté à la Société industrielle de Mulhouse, un mémoire dans lequel ils ont étudié, d'une façon très consciencieuse, la question dont il s'agit. En admettant pour intérêt et amortissement du capital un taux de 10 0/0 et une durée de travail annuelle de 3 400 heures, ils sont arrivés à un prix de revient de 4,23 centimes par cheval électrique rendu au tableau, soit par an $3\,400 \times 4{,}23 = 143{,}80$ *f*. On peut contrôler ce chiffre d'après le prix de revient de plusieurs grandes stations électriques à vapeur établies dans les dernières années.

Le matériel nécessaire électrique et mécanique d'une usine de ce

genre, d'une puissance d'environ 10 000 *ch*, peut être établi à Mulhouse à raison de 375 *f* par kilowatt. Ce chiffre comprend le matériel complet muni de tous les perfectionnements récents : chaudières, réchauffeurs, surchauffeurs, tuyauteries, machine à vapeur à double et triple expansion, dynamos, tableaux de distribution. On pourrait aménager convenablement une usine de cette importance à Mulhouse, sur un terrain hors ville, dans le voisinage du canal du Rhône au Rhin, au prix d'environ 275 *f* par kilowatt, terrain compris. Avec un taux d'intérêt et d'amortissement évalué à 10 0/0 pour le matériel et 7,5 0/0 sur les bâtiments, le prix de revient annuel de ce chef ressortirait par kilowatt à $370 \times 0{,}10 + 275 \times 0{,}075 =$ . . . . . 58,12 *f*

On admettra une consommation de vapeur par kilowatt-heure de 8,5 *kg* et une production de vapeur par kilogramme de houille de 8, le prix de la houille étant de 22 *f* (au lieu de 23,50 *f* à cause de la proximité admise du canal) et la durée du travail de 3 300 heures par an. Dans ces conditions, le kilowatt reviendrait, par an, pour le combustible à 77,14

Enfin, on peut estimer les frais de personnel, direction, entretien, graissage, impôts, etc., par kilowatt à . . . . . 60 »

TOTAL. . . . . 195,26 *f*

Ce chiffre correspond à $195{,}26 \times 0{,}736 = 143{,}71$ *f* par cheval électrique et par an, pour 3300 heures de marche, ce qui donne 4,35 centimes par cheval-heure, chiffre à peu près identique à celui de MM. Zweifel et Hoffmann, qui est de 4,23 centimes.

Le rapport conclut donc que, pour les puissances supérieures à 250 *ch*, il y aura avantage, au point de vue pécuniaire, pour l'industriel, à établir lui-même son installation de force motrice. En revanche, pour les puissances inférieures à 250 *ch*, l'avantage reste à la force prise à la station hydroélectrique.

Or, sur les 32 000 *ch* existant à Mulhouse, il y en a 5 000 à 6 000 qui sont obtenus de moteurs de moins de 200 *ch*, pour lesquels la puissance électrique à bon marché présenterait un avantage incontestable.

Le rapport ajoute que la question du prix de revient n'est pas la seule à prendre en considération. Pour les installations nouvelles, on devra calculer l'économie dans les frais de premier établissement que procurera le simple raccordement à une conduite électrique, l'avantage de la suppression des chaudières et machines à vapeur, avec toutes les préoccupations qu'elles entraînent. Il y a là une réelle simplification dans l'organisation des usines nouvelles, simplification qui pourra faire pencher la balance en faveur du courant fourni par une station centrale hydraulique ou à vapeur, alors même que la dépense d'exploitation dépasserait celle d'un moteur spécialement affecté à l'usine. Il ne faut pas perdre de vue, d'ailleurs, que tout le temps consacré au matériel moteur par la direction de l'usine devient disponible et peut être consacré plus utilement et plus fructueusement à perfectionner et faire progresser la fabrication proprement dite.

A tous ces points de vue, le projet qui fait l'objet de ce rapport répond

à un besoin. Mais à défaut d'usine hydraulique, on doit admettre que la création, à Mulhouse, d'une station centrale électrique à vapeur s'impose à bref délai. *(A suivre.)*

Edward Woods. — M. Edward Woods, membre de notre Société depuis 1879, est mort à Londres, le 14 juin dernier, dans sa quatre-vingt-neuvième année. Notre annuaire ne donnant sur ce collègue regretté d'autre indication que celle, très honorable d'ailleurs, d'ancien Président de l'Institution of Civil Engineers, il nous a paru utile de faire connaître quelques détails de la carrière du défunt qui fut un des pionniers de l'industrie des chemins de fer.

Edward Woods, né le 28 avril 1814, était fils d'un négociant de Londres; il n'avait reçu aucune éducation technique et n'avait même pas passé par l'apprentissage, cas qui, d'ailleurs, n'était pas rare à l'époque; il avait seulement reçu une bonne instruction générale, et s'était initié lui-même de bonne heure à la pratique des travaux. Grâce à la protection de quelques amis de sa famille, entre autres de H. Booth, secrétaire du chemin de fer de Liverpool-Manchester, auquel, comme on sait, les Anglais attribuent généralement l'invention de la chaudière tubulaire, Woods entra avec une situation très modeste au service de cette Compagnie, où il fut bientôt chargé de la surveillance des travaux de la ligne de Liverpool-Newton le Willows de 25 *km* de longueur, sous les ordres de John Dixon qui avait succédé à George Stephenson, comme Ingénieur en chef du chemin de fer de Liverpool-Manchester. Dixon ayant quitté la Compagnie pour s'occuper de la construction du Grand Junction Railway, Woods fut appelé à le remplacer; il avait alors seulement vingt-deux ans. Il occupa le poste d'Ingénieur en chef pendant dix-huit ans. Un de ses travaux les plus importants fut le tunnel de 2031 *m* qui passe sous une partie de la ville de Liverpool pour relier la station de Edge Hill aux Docks. Ce tunnel était établi en rampe de 1 0/0 et comme on trouvait cette déclivité excessive pour des locomotives, on avait installé une machine à vapeur avec un câble; des sujétions locales ayant obligé à établir les chaudières à 900 *m* de distance, la vapeur était amenée par un tuyau en fonte de 0,25 *m* de diamètre enterré dans le sol. On constata que cette disposition doublait à peu près la dépense de combustible. On ne tarda pas du reste à supprimer la machine fixe et à faire remorquer les trains par des locomotives. On doit signaler la participation qu'eut Woods aux célèbres expériences faites par le comte de Pambour, Ingénieur français, sur les locomotives du chemin de fer de Liverpool à Manchester. Bien des personnes ignorent que c'est de ces expériences que date la formule classique de l'effort de traction, $p\frac{d^2l}{D}$. Il se livra lui-même à des recherches expérimentales sur la résistance des trains, en collaboration avec divers savants dont le docteur Lardner. Dès 1838, Woods présentait à l'Institution of Civil Engineers un mémoire sur les locomotives, où l'on trouve des aperçus fort intéressants pour l'époque.

Notre Collègue quitta le chemin de fer de Liverpool à Manchester en 1852, pour s'établir à Londres comme Ingénieur-Conseil. Il prit part

en cette qualité à quantité de travaux divers. On peut dire qu'il a été fait peu de chemins de fer dans l'Amérique du Sud sans sa participation plus ou moins directe. Il étudia notamment le matériel roulant de plusieurs de ces lignes. Il fut appelé, en 1886, à la présidence de l'Institution of Civil Engineers, et, dans son discours d'installation, traita d'une manière très remarquable la question du développement des chemins de fer anglais et étrangers.

Edward Woods avait conservé jusqu'à ses derniers jours l'entière possession de ses facultés et donnait un exemple d'une remarquable activité malgré son âge avancé.

Le professeur Thurston. — La Société des Ingénieurs Civils de France vient de faire une perte des plus sensibles, dans la personne d'un de ses membres et correspondants étrangers, le professeur Robert Henry Thurston, qui figurait sur nos listes depuis 1875. Notre Collègue s'était acquis une réputation universelle dans le domaine des sciences mécaniques et était une des autorités les plus incontestées en matière de moteurs thermiques dans le monde entier.

Thurston était né en 1839, à Providence, dans l'État de Rhode Island. Son père y était constructeur de machines et ses ateliers existent encore sous un autre nom. Le jeune homme fit ses études à l'Université de Brown et en obtint, en 1859, le double diplôme d'Ingénieur civil et de bachelier en philosophie. Il est intéressant de noter qu'en 1885, l'Institut Stevens de Technologie, lui conféra le diplôme de docteur Ingénieur, le premier diplôme de ce genre qui ait été décerné aux États-Unis.

Thurston passa deux ans dans les ateliers de son père et, dès l'origine de la guerre de sécession, entra dans la marine fédérale comme aide-mécanicien; il s'y distingua et était, à la fin de la guerre, chef mécanicien à bord d'un monitor. Il fut attaché ensuite comme instructeur au collège naval à Annapolis, et fut appelé, en 1871, comme professeur à l'Institut Stevens de Technologie. Cet établissement, unique dans son genre, avait été fondé grâce à un legs de 3 millions de francs laissé par Edwin Stevens, pour la création d'un institut pour l'enseignement des sciences appliquées.

Thurston y occupa pendant quatorze ans la chaire de mécanique industrielle et y organisa un laboratoire pour l'essai des machines et des appareils se rapportant à la technologie. En 1885, il fut appelé à la direction du Sibley College, à Ithaca, établissement dont le fonctionnement laissait beaucoup à désirer, et le releva d'une manière qui peut être appréciée par ce fait, qu'y ayant trouvé cent étudiants à son entrée, il en avait à peu près mille cette année.

Notre Collègue fut, en 1880, un des fondateurs de l'American Society of Mechanical Engineers. Il avait été commissaire des États-Unis à l'Exposition de Vienne en 1872 et membre du jury à celle de Paris en 1889. Il est l'auteur d'un nombre considérable d'ouvrages sur les chaudières, les machines à vapeur et quantité de sujets se rapportant à la mécanique; plusieurs de ces ouvrages ont été traduits en français et ont donné lieu à des comptes rendus dans nos bulletins. En outre, on trouve

une multitude d'articles et de notes de Thurston dans diverses publications techniques. Nous leur avons fait de nombreux emprunts dans ces Chroniques. Il avait une facilité de travail vraiment extraordinaire et l'expliquait en partie par l'emploi systématique qu'il faisait de la machine à écrire. On lui doit l'invention de divers appareils pour les recherches mécaniques telles qu'essai des lubrifiants; machines à essayer les métaux, etc.

Thurston est mort subitement le 25 octobre dernier chez lui, à Ithaca. au moment où il célébrait, en compagnie de sa famille et de ses amis, le soixante-quatrième anniversaire de sa naissance.

La perte de cet Ingénieur et professeur éminent sera vivement ressentie dans le monde scientifique et industriel.

Le chauffage central à Dresde. — M. Wladimir Poliakoff, étudiant du cours supérieur de l'Institut des Voies de Communication à Saint-Pétersbourg, fils de notre distingué collègue, M. Lazare Poliakoff, vient de publier sous le titre « le Chauffage central de la ville de Dresde » une intéressante notice sur la première grande application faite en Europe du chauffage central, employé déjà depuis longtemps sur une grande échelle aux États-Unis ; il a bien voulu l'offrir à la bibliothèque de notre Société. Nous sommes heureux de constater que M. W. Poliakoff débute par rendre un hommage mérité à un Ingénieur français, notre collègue, M. J. Chrétien, qui a, dès 1867, appelé l'attention sur le transport de la vapeur à grande distance et développé, dans un travail publié en 1885 dans le Bulletin technologique des Anciens Élèves des Écoles d'Arts et Métiers, les principes de ce transport et les conditions à réaliser pour l'effectuer dans les meilleures conditions possibles.

La station de chauffage central de Dresde appartient au Gouvernement saxon, qui l'a établie pour chauffer un certain nombre de palais, musées, églises et administrations publiques, situés au centre de la ville. On pensait, et avec raison comme l'expérience l'a démontré, que la dépense du chauffage serait notablement diminuée, les chances d'incendie réduites au minimum, et enfin qu'on obtiendrait la suppression des nuages de fumée noire obscurcissant le ciel dans les plus beaux quartiers.

La station centrale, dont les frais d'établissement se sont élevés à près de 3 millions de marks, a été mise en service le 1er janvier 1902, et a fonctionné depuis sans aucun incident. Son importance peut être jugée par la liste suivante des principaux édifices qu'elle dessert :

1. La direction des douanes et contributions;
2. L'Opéra royal ;
3. La galerie des tableaux et le cabinet des gravures ;
4. Le musée de Zwinger :
5. La Cathédrale catholique ;
6. Le grand Palais Royal ;
7. Le musée du Johanneum ;
8. La Chambre des Représentants;
9. La Bibliothèque royale ;
10. L'Académie des Beaux-Arts et le Palais des Expositions;

11. Le musée de l'Albertinum ;
12. Le Palais dit Cosel ;
13. La Préfecture de Police, etc.

La station est un bâtiment de grandes dimensions situé au bord de l'Elbe. On a eu le bon goût de lui donner un aspect en harmonie avec les somptueuses constructions qui l'environnent. Son apparence est celle d'un château fort du moyen âge plutôt que d'un établissement industriel. La cheminée elle-même représente une tour.

La partie la plus intéressante est la salle des chaudières qui contient dix générateurs de 200 m^2 de surface de chauffe chacun, pouvant, avec de la houille maigre de Bohême, fournir ensemble 25 000 *kg* de vapeur par heure. A la suite des chaudières sont disposés des surchauffeurs qui permettent d'élever de 40 degrés la température de la vapeur saturée.

L'auteur donne des tableaux où figurent la consommation d'eau et de combustible, pour l'année 1902, le prix de revient d'un kilogramme de de vapeur et de 100 000 calories, etc. Nous reproduisons le tableau des prix de revient de 100 000 calories utiles.

MOIS	DÉPENSE DU COMBUSTIBLE en marks	PRODUCTION DE VAPEUR en kilogrammes	NOMBRE CORRESPONDANT de calories	PRIX de 100 000 calories en marks
Janvier . . .	8071	4 232 000	2 623 840 000	0,307
Février . . .	8003	4 160 200	2 579 324 000	0,310
Mars.	6814	3 701 600	2 294 992 000	0,297
Avril.	4743	2 491 400	1 544 668 000	0,306
Mai	3414	1 708 760	1 059 431 200	0,322
Juin. . . .	1303	654 360	395 683 200	0,329
Juillet. . . .	547	266 400	164 968 000	0,332
Août.	1277	590 100	365 862 000	0,349
Septembre. .	2742	1 390 944	762 385 280	0,360
Octobre . . .	5528	2 883 100	1 787 522 000	0,309
Novembre . .	8086	4 266 200	2 645 044 000	0,305
Décembre . .	10780	5 930 700	3 677 034 000	0,293
			MOYENNE.	0,318

M. Poliakoff estime le rendement des chaudières à 0,618 au minimum, tandis que les ingénieurs saxons le comptent à 0,72 et même au maximum à 0,81.

La vapeur, à la pression de 8 *atm* passe dans des conduites de 0,216 *m* de diamètre intérieur qui doivent la distribuer dans la ville ; ces conduites sont posées dans des galeries souterraines de 4 m^2 de section, établies à une profondeur moyenne de 2 *m* sous le sol des rues. Les tuyaux sont naturellement protégés avec le plus grand soin contre le refroidissement. Ils sont enveloppés de soie brute avec couches d'air interposées d'après le système Pasquay. On a également pris des précautions contre

les effets de la dilatation due aux variations de la température. Le point le plus éloigné où arrivent les conduites est à 1 200 *m* de la station. Dans les mêmes galeries sont disposés les câbles de l'installation électrique, qu'on a cru devoir adjoindre à la station de chauffage. Cette combinaison est parfaitement logique, car le maximum de la consommation de l'énergie électrique ne coïncide pas avec celui de la dépense de vapeur pour le chauffage. Par ce moyen, on a pu augmenter d'une manière très marquée l'effet utile de la station. La valeur nette de celui-ci, après déduction de la perte dans les conduites pendant le parcours a été trouvé par l'auteur russe être de 49 0/0 de la quantité absolue de chaleur contenue dans le combustible, qui, comme on l'a dit précédemment, est de la houille de Bohême ne donnant guère plus de 4 300 calories par kilogramme et souvent même moins.

Il est intéressant d'indiquer la manière dont on détermine la répartition de la dépense de chauffage entre les divers édifices chauffés par la canalisation. En présence de la difficulté de contrôler les quantités de vapeur passant à certains points de cette canalisation, on a eu recours à la mesure de la quantité d'eau condensée dans chaque système de chauffage. Il est facile de déduire de la quantité d'eau condensée le nombre de calories correspondant. L'année 1902 a donné une consommation totale de 9 146 522 000 calories, qui ont coûté 84 432 marks. Le prix pour 100 *l* d'eau condensée ressort à 0,45 mark. L'énergie électrique a donné, pour la même période, 84 000 marks, et le bénéfice net de l'exploitation a été de 52 000 marks. Ces chiffres ne peuvent pas être regardés comme définitifs, car le développement total de la station est loin d'être atteint.

L'eau condensée dans les divers systèmes de chauffage est ramenée à la station par une canalisation spéciale et sert à l'alimentation des chaudières. Cette canalisation est en cuivre, elle est installée de la même façon que les conduites de vapeur.

On peut dire que les moindres détails de l'installation font preuve d'une prévoyance méticuleuse et d'une science profonde. Elle fait grand honneur à son auteur, M. Temper, qui a eu d'autant plus de mérite qu'il n'avait à sa disposition, pour cette entreprise nouvelle et hardie, que des données très insuffisantes.

L'auteur espère que cette question si importante du chauffage central dans les villes ne tardera pas à prendre un grand développement, surtout si les savants et les Ingénieurs français veulent bien y apporter leur concours.

Les conduites de gaz naturel. — Il y a, actuellement, aux États-Unis, environ 40 000 *km* de conduites destinées au transport du gaz naturel. Ces conduites ont divers diamètres, de 0,05 à 0,90 *m*. Il faut employer des tuyaux de fort diamètre pour le débit de grandes quantités de gaz ou lorsque la distance est considérable et la pression relativement faible. Ainsi pour débiter un volume de 112 000 m^3 par vingt-quatre heures, soit 4 660 par heure à une distance de 32 *km*, avec une pression de 15 *kg* par centimètre carré à l'origine et une de 1,5 à l'autre extrémité, il faut un diamètre de 0,15 *m*.

Si on admet que 700 m^3 de gaz naturel donnent l'équivalent de 1 000 *kg* de houille, on trouve que le volume débité par vingt-quatre heures par la conduite correspond à 160 *t* de houille. La conduite dont nous parlons coûtera très probablement 15 000 *f* par kilomètre, soit, en tout, 15 000 × 32 = 480 000 *f*. En comptant 10 0/0 pour intérêt et dépréciation, la dépense, de ce chef, ressort par jour à 131 *f*, ce qui équivaudrait à un prix de transport, pour le charbon, de 0,026 *f* par tonne et par kilomètre.

Lorsque la pression, à l'origine de la conduite, c'est-à-dire aux puits, s'abaisse au-dessous de 15 *kg* par centimètre carré, il faut installer un matériel de compression, ou employer une conduite de plus fort diamètre. Le prix d'établissement d'une conduite augmente aussi très rapidement avec la distance. La construction des conduites de fort diamètre devient une entreprise très coûteuse qui arrive à dépasser, comme dépense, l'établissement d'une ligne de chemin de fer.

On emploie généralement pour ce travail des tuyaux en fer, spécialement destinés à ces constructions et dits *line pipes*, qu'on a éprouvés à une pression de 100 *kg* par centimètre carré. Les diamètres courants vont de 0,05 à 0,305 *m*. Les conduites de faible diamètre, jusqu'à 0,25 *m* par exemple, sont assemblées à vis, mais on remplace volontiers ce genre de raccord par des joints à manchon et garniture en caoutchouc qui ne coûtent pas plus cher et permettent une pose plus rapide.

Les conduites sont placées sous terre à une profondeur de 0,45 à 0,50 *m* entre le sol et l'arête supérieure des tuyaux. Cette disposition garantit la conduite contre les accidents provenant de la circulation et prévient les effets de contraction et de dilatation avec lesquels il faudrait compter si les tuyaux étaient sur le sol, exposés à l'ardeur du soleil et aux intempéries. Le travail de terrassement nécessaire est peu coûteux. On peut l'évaluer à 1 *f* par mètre courant en nombre rond. Les tuyaux doivent être revêtus d'une couche de coaltar avant leur pose. On doit disposer des joints de dilatation de place en place, par exemple tous les 800 *m* et aussi intercaler un certain nombre de pièces à raccord et de vannes pour permettre de greffer des branchements pour prise de gaz.

Une conduite bien posée subit très peu de dépréciation et, après avoir passé quatre ou cinq ans dans la terre, peut être vendue avec une diminution de seulement 15 à 25 0/0 sur le prix primitif. Il y a toujours une demande de tuyaux de ce genre d'occasion.

Les tuyaux de 0,25 à 0,61 *m* de diamètre sont souvent assemblés avec des joints du système Converse. Dans ce système les tuyaux sont lisses d'un bout à l'autre à l'extérieur et le joint s'opère au moyen d'un manchon et de plomb qu'on coule et qu'on matte entre le manchon et les extrémités des tuyaux. Ce joint présente toutefois l'inconvénient d'être ébranlé par le tassement de la conduite et les dilatations et contractions amenées par les changements de température. Toutefois, avec l'addition d'une garniture en caoutchouc pressée contre l'extérieur du joint par des espèces d'agrafes en fer, on obtient une étanchéité complète. Des conduites de ce genre ont été éprouvées avec succès sous des pressions de 200 *kg* par centimètre carré.

Pour des diamètres dépassant 0,61 *m.* on emploie des tuyaux en fonte ou en tôle d'acier assemblée par rivets. Une ligne établie en tuyaux en acier de 0,90 *m* de diamètre, sur une longueur de 32 *km* aux environs de Pittsburg, a coûté environ 160 000 *f* par kilomètre. Actuellement Pittsburg reçoit le gaz naturel de divers points de la Virginie occidentale à plus de 160 *km* et les lignes de conduite qui fournissent le gaz à Chicago, Toledo et Cleveland ont des longueurs très supérieures qui vont, dans certains cas, à 320 *km*. Nous trouvons ces détails sur un numéro récent de l'*Engineering and Mining Journal*.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Septembre 1903.

Fabrication mécanique des bouteilles, par M. L. Appert.

Dans cette conférence, faite le 22 mai 1901, notre éminent Collègue, M. L. Appert, a développé le rapport fait par lui, la même année, à la Société d'Encouragement, en y ajoutant de nouveaux renseignements.

L'auteur rappelle les diverses tentatives faites pour la solution du difficile problème de la fabrication mécanique des bouteilles et explique pourquoi aucune de ces solutions n'a réussi pratiquement, tandis que la méthode introduite par M. Claude Boucher a eu un succès complet; on peut évaluer en effet à un total d'au moins 50 millions le nombre des bouteilles fabriquées par an actuellement par les procédés de cet inventeur.

Expériences sur le travail des machines-outils, par M. Gobron *(suite)*.

Cette partie traite des essais de pénétration et des divers essais de forage sur métaux et sur alliages.

Mesure de la limite élastique des métaux, par M. Ch. Frémont.

L'auteur donne une série d'expériences très curieuses et conclut qu'il n'y a pour un métal donné qu'une limite élastique qu'il appelle limite élastique vraie et qui seule a les caractères d'une constante physique; il montre comment on peut la déterminer.

Les diverses limites d'élasticité qu'on a l'habitude de mesurer dépendent des circonstances dans lesquelles on les obtient et peuvent être entachées des erreurs les plus graves. Elles sont subordonnées à l'apparition des déformations discontinues dont la présence est à peu près inévitable en pratique, mais dont la cause est purement accidentelle.

Notes de mécanique. — On trouve dans ces notes une étude sur le concours de moulins à vent de la Société royale d'Agriculture d'Angleterre, une sur les roues en acier forgé Ehrart et la description du tour vertical des ateliers Niles.

Octobre 1903.

Unification du numérotage des fils. — La soie. — Titrage et numérotage, par M. Ed. Simon.

Pour divers produits tels que le coton, la laine, la schappe et la ramie, le numéro d'un fil indique le nombre de kilomètres contenus dans 1 *kg*

du produit, tandis que jusqu'à il y a peu de temps, pour la soie, le numéro représentait la masse en grammes de 10 *km* de fil. Cette anomalie apparente se justifiait par le fait que la filature de la soie utilise des procédés inverses de ceux qui sont usités pour les autres fils. La valeur des unités adoptées était imposée, d'autre part, par le diamètre moyen des fils, très différent pour la soie et pour les textiles soumis au premier numérotage.

A la suite du Congrès international de 1900 pour l'unification du numérotage des fils, qui avait accepté le principe de l'unification sur la base du système italien, le Bureau du Comité permanent, après s'être mis d'accord avec tous les membres du Comité international, a décidé que, pour la soie comme pour les autres textiles, le numéro indiquerait le nombre de 1 000 *m* au kilogramme, mais, pour la soie, on conserve le titrage qui donne le poids en demi-décigrammes d'une longueur fixe de 450 *m*.

Aciers au manganèse, par M. L. Guillet.

L'auteur expose ici le résultat de ses recherches sur les aciers au manganèse, comme il l'a fait précédemment pour les aciers au nickel, c'est-à-dire qu'il étudie d'abord la micrographie, puis les propriétés mécaniques de ces aciers, en les divisant en : 1° aciers dont la teneur en carbone varie de 0,03 à 0,3 et, 2° aciers dont la teneur en carbone est comprise entre 0,7 et 1 0/0.

Comme pour les aciers au nickel, les expériences concluent à la concordance absolue et entière entre les résultats donnés par la métallographie et ceux donnés par les essais mécaniques. Une autre conclusion très intéressante est que, dans la plupart des aciers spéciaux, le nickel peut être remplacé par le manganèse en quantité beaucoup moindre, même dans les aciers à structure perlifique dans lesquels le manganèse n'amène aucune fragilité.

Détermination des points de transformations allotropiques du fer et de ses alliages, par la mesure des variations de la résistance électrique ou fonction de la température, par M. O. Boudouard.

Ce travail étudie les variations de la résistance électrique du fer et de divers de ses alliages tels que les aciers au carbone, au chrome, au tungstène, au manganèse et au nickel, avec la température, et les représente par des courbes donnant les points où les transformations allotropique se produisent.

L'ensemble des résultats obtenus établit la parfaite reversibilité des phénomènes de variation électrique en fonction de la température, du moins pour les températures extérieures à celles où se produisent les transformations allotropiques. Dans la région des points critiques, il n'en est pas de même et l'écart entre les courbes d'échauffement et de refroidissement est d'autant plus grand, pour les aciers au carbone, que la teneur en carbone est plus élevée et, pour les autres métaux, on observe des écarts analogues. Les températures de transformation varient notablement suivant les aciers.

Sur l'étude expérimentale des déformations permanentes, technique et résultats, par M. H. Bouasse.

Dans cette communication, faite devant la section des recherches physiques de la Commission internationale des méthodes d'essais, l'auteur, admettant qu'on est encore très éloigné d'une théorie complète des déformations permanentes, pense qu'on peut prévoir, dès maintenant, dans quel sens il faut diriger les recherches et quel minimum de complication nous ne pouvons nous dispenser d'introduire. Il nous paraît intéressant de reproduire les conclusions de l'auteur :

1° Une déformation géométrique donnée produit un changement d'état (écrouissage) variable avec les forces qui ont servi à produire la déformation ;

2° L'écrouissage n'est donc pas en général fonction de la somme algébrique des déformations ;

3° Un métal qui a éprouvé une déformation permanente ne reste pas isotrope ;

4° L'écrouissage est une propriété dirigée qui ne peut pas se représenter par un seul nombre en chaque point du métal ;

5° Les théories de Lamé Clapeyron, de Saint-Venant et de Coulomb, dans leur forme historique, n'ont de sens que pour des matières isotropes. Elles ne s'appliquent donc pas à des pièces travaillées ; pratiquement elles ne sont donc jamais applicables ;

6° Scientifiquement parlant, il n'existe pas de limite d'élasticité et la rupture n'a qu'une importance secondaire.

Notes de mécanique. — Nous signalerons sous ce titre une note sur les essoreuses, une sur les chantiers de construction navale de Fore-River, à Quincy, États-Unis, et une sur l'emploi des haveuses mécaniques dans les houillères anglaises.

ANNALES DES MINES

7e livraison de 1903.

Note sur **les mines de bitume exploitées en Albanie,** par M. A. Gonnot, Ingénieur civil des Mines.

Ces mines sont situées dans le vilayet de Janina, et le centre de l'exploitation est à Solenitza, village à 15 *km* du petit port de Vallona, sur l'Adriatique.

Le bitume se rencontre sous quatre formes parfaitement distinctes le bitume solide mat ; le bitume solide brillant, le bitume liquide et l'asphalte.

Les deux premières formes s'exploitent par galeries, et la roche est abattue au pic ; le bitume liquide se recueille à la main, ou avec des spatules en bois, la production en est assez faible ; l'asphalte est abondant, mais difficilement exploitable ; on s'en sert comme combustible sur place.

Le gisement de fer spathique de l'Erzberg, en Styrie, par M. L. Taffarel, Ingénieur des Mines.

Ce gisement est un des plus puissants et des plus productifs du monde; il est géologiquement mal connu; l'incertitude qui règne à son sujet tient, d'une part, à la rareté des fossiles et, de l'autre, aux irrégularités de la stratigraphie. L'objet du mémoire est l'exposé et la critique des théories émises relativement à la géologie de la région d'Eisenerz et à la formation du gisement.

L'origine et les caractères des gisements de fer scandinaves, par M. L. de Launay, Ingénieur en chef des Mines, Professeur à l'École des Mines.

8e livraison de 1903.

L'origine et les caractères des gisements de fer scandinaves, par M. L. de Launay, Ingénieur en chef des Mines *(suite et fin)*.

L'objet de cet important travail est l'étude des questions théoriques extrêmement nombreuses, soulevées par ces gisements, qui sont classés, au point de vue géologique en trois groupes : les amas de segrégation directe, en relation avec les roches basiques, les gisements de Kiranavara-Luossavara et les amas lenticulaires interstratifiés dans des terrains cristallophylliens. On trouve à la fin des considérations sur le rôle du phosphore dans les minerais de fer scandinaves.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 38. — *19 Septembre 1903.*

État actuel des moteurs thermiques, et emploi dans ces moteurs du combustible liquide, avec application au moteur Diesel, par R. Diesel.

Moteurs d'automobiles.

Les mesures dans les ateliers et la fabrication des pièces interchangeables, par G. Schlesinger.

Exposition de Dusseldorf. — Les appareils de levage, par Ad. Ernst *(fin)*.

Expériences de recette sur un moteur à vapeur surchauffée, construit par la fabrique de machines J. E. Christoph à Niesky, par M. Westphal.

Groupe de la Lenne. — La question commerciale des petits moteurs et le développement des moteurs à gaz.

Groupe de Bochum. — La pompe express de Riedler.

Bibliographie. — Mâture et gréement des navires, par F. L. Middendorf.

Revue. — Exposition internationale des applications de l'alcool, à Vienne. — Emploi de la vapeur surchauffée sur des remorqueurs. — Bicyclettes à moteur. — Le commerce des livres en Allemagne.

N° 39. — *26 Septembre 1903.*

Voyage d'études aux États-Unis, par P. Möller *(suite)*.

Expériences sur une machine tandem de 250 *ch*, construite par Van den Kerchove, à Gand, par M. Schröder et A. Koob *(suite)*.

Exposition de Dusseldorf. — Meunerie, broyage et appareils mécaniques pour le transport et la manutention, par H. Rasch *(fin)*.

Exposition de Dusseldorf. — Les chemins de fer et les moyens de transport, par M. Buhle *(fin)*.

Groupe de Berg. — Comparaison entre les turbines axiales et les nouvelles turbines radiales.

Bibliographie. — Les machines motrices, par K. Schreber. — Théorie des machines à vapeurs combinées, par K. Schreber.

Revue. — Contre-torpilleurs *Truxtum*, *Whipple* et *Worden*. — Augmentation de la capacité de chargement des wagons ouverts.

N° 40. — *3 octobre 1903.*

Expériences à l'écrasement sur des cubes de granit, par C. Bach.

Voyage d'études aux États-Unis, par P. Möller *(suite)*.

Les mesures dans les ateliers et la fabrication des pièces interchangeables, par G. Schlesinger *(fin)*.

Groupe de Wurtemberg. — Nouveau frein pour tramways. — Les sciences de l'Ingénieur et les grands problèmes de la géologie pratique. — Moyens d'abréger les calculs.

Bibliographie. — Leçons sur la statique des constructions et leur résistance, par G. C. Mehrtens.

Revue. — Turbines d'Escher Wyss et C^ie^, pour l'Amérique.

N° 41. — *10 octobre 1903.*

Comparaison entre les résultats des anciennes et des nouvelles expériences sur les machines frigorifiques à ammoniaque comprimée, par G. Döderlein.

La chaudière Schütte et son emploi dans la mine, par H. Hildebrandt.

Influence des efforts dus au vent sur le moment de résistance des parties verticales des constructions métalliques, par L. Gensen.

Expérience sur une machine tandem de 250 *ch*, construite par Van den Kerchove, à Gand, par M. Schröter et A. Kobb *(fin)*.

Groupe d'Alsace-Lorraine. — Constructions en béton.

Groupe de Hanovre. — Dispositifs de sûreté pour l'emmagasinage des explosifs liquéfiables.

Bibliographie. — Régulateurs à force centrifuge, per F. Thümmer.

Revue. — Tours pour travail rapide. — Graissage central de Zœller. — Le graphite comme lubrifiant. — Les gymnases et les écoles techniques supérieures.

N° 42. — *17 octobre 1903.*

Le combustible comme source d'énergie, par C. Linde.

Expériences sur une installation de gazogène à aspiration, par K. Bräuer.

Voyage d'études aux Etats-Unis, par P. Möller *(suite)*.

Influence des efforts dus au vent sur le moment de résistance des parties verticales des constructions métalliques, par L. Gensen *(fin)*.

Groupe de Berg. — Nouveautés dans la fabrication des limes.

Groupe de Carlsruhe. — Causerie technique sur les États-Unis, au sujet de l'Exposition de Saint-Louis.

Groupe de Lusace. — Les ascenseurs.

Revue. — Essais du croiseur anglais *Challenger*, avec chaudières Babcock et Wilcox. — Statistique des chemins de fer électriques de l'Allemagne. — Réparation d'un étambot de navire par le procédé Goldschmidt (aluminothermie).

N° 43. — *24 octobre 1903.*

La production de la vapeur surchauffée, par O. Berner.

Voyage d'études aux États-Unis, par P. Möller *(suite.)*

Installation de hauts fourneaux à l'île d'Elbe, par J. Nebelung.

La métallurgie, par C. Schnabel.

Groupe de Dresde. — Les poids et mesures dans les arts techniques.

Groupe de Hambourg. — Transformateurs de courants de Grisson.

Bibliographie. — Les moteurs à courants alternatifs pour chemins de chemins de fer, par W. Kübler.

Revue. — Statistique des installations électriques aux États-Unis. — Les turbines à vapeur dans la marine. — Halage électrique sur le canal de Miami et de l'Erie. — Montage d'un pont sur l'avenue de Manhattan à New-York. — Barrage de Marklin dans le Queistal.

N° 44. — *31 Octobre 1903.*

Le vapeur à deux hélices pour pose de câbles *Stephan*, construit par les chantiers du Vulcan, à Stettin, par H. Hildebrandt.

La production de la vapeur surchauffée, par O. Berner *(fin)*.

Voyage d'études aux États-Unis, par P. Möller *(fin)*.

Circulation des gaz et vapeurs dans des tubes à section variable, par H. Lorenz.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Protection contre la foudre. — Avantages commerciaux et techniques des tramways communaux.

Groupe de Carlsruhe. — Expériences au frein sur une turbine de 300 *ch* dans le port de Kehl.

Groupe de Cologne. — Indicateur de vitesse.

Bibliographie. — La condensation, par E. J. Weiss.

Revue. — Nouveautés dans les tours verticaux à plateau tournant. — Vapeurs à turbines *Queen* et *Brighton*. — Hauts fourneaux en construction aux États-Unis d'Amérique. — Hauts fourneaux de la Buffalo and Susquehanna Iron Company.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

Ire SECTION

Cours de Construction du navire, par M. L. Callou, Ingénieur en chef de la Marine (1).

Cet ouvrage, publié l'année dernière, est un cours complet de construction navale, tel qu'il est fait à l'École d'application du Génie maritime, dont l'auteur a été sous-directeur.

Il examine dans différents chapitres la définition et représentation de formes du navire, les matériaux employés pour la construction et leurs procédés d'assemblage, l'étude descriptive de la charpente du navire en bois et métallique, les procédés d'exécution de cette charpente, y compris le revêtement et blindage ; dans le second volume, l'installation des emménagements et des divers services du navire, les procédés de mise à l'eau, de réparation et d'entretien, les règles de jaugeage et de franc-bord, l'établissement d'un projet de navire ; enfin, il est terminé par l'étude des principaux types de navires des flottes française et étrangère.

Cet ouvrage entre dans les plus grands détails de la construction du navire ; de nombreux types de navires y sont cités, dont un index alphabétique très complet donne les noms à la fin de l'ouvrage.

A. de Gennes.

Technologie navale, par M. L. Callou, Ingénieur en chef de la Marine (1).

Cet ouvrage est le complément du *Cours de Construction du navire,* publié par le même auteur l'an dernier. Il traite de tous les matériaux mis en usage dans la construction des navires en examinant leurs propriétés pratiques et leurs procédés de fabrication.

Dans la première partie, consacrée à l'étude pratique de la production de la chaleur, on passe en revue la combustion, les combustibles, leurs procédés d'utilisation et leur emmagasinage.

La deuxième partie étudie les matériaux, bois et métaux avec leurs propriétés mécaniques.

La troisième partie voit les matières ouvrées fabriquées en dehors des arsenaux et l'outillage des usines, le forgeage, le moulage, le commettage des textiles et des fils métalliques, et les épreuves de réception par la marine.

(1) Deux volumes in-8°, 255 × 165 de 628 p. et de 683 p., avec 1 110 fig. Paris, Augustin Challamel, 1902. Prix : broché, 40 *f.*

(1) In-8°, 250 × 165 de VI-802 p., avec 641 fig. Paris, Augustin Challamel, 1904.

Enfin, dans la quatrième partie, on examine les procédés de mise en œuvre des matériaux de construction et l'outillage des arsenaux, ateliers à bois, à métaux, de tôlerie et de chaudronnerie, et ateliers d'armement.

On voit que cet ouvrage traite surtout de la construction métallique, dont la construction navale est une application particulièrement intéressante.

A. DE GENNES.

IV[e] SECTION

Annuaire international des Sociétés savantes (1), par H. DELAUNAY, 1903.

Nous appelons bien volontiers l'attention de nos Collègues sur cet ouvrage, dû à un Membre de notre Société, et dont l'objet est d'offrir au lecteur une vue d'ensemble sur toutes les Sociétés savantes existant actuellement, à sa connaissance, dans les cinq parties du monde; il comprend sous ce titre les Sociétés scientifiques, littéraires, artistiques et même les Associations destinées à vulgariser les connaissances humaines au moyen de cours et de conférences.

La classification est faite, par pays d'abord, puis par villes, le tout par ordre alphabétique. L'annuaire donne pour chaque Société : la date de fondation, le siège, le nom des présidents et secrétaires, le nombre des membres et leur répartition, le montant de la cotisation, la périodicité des séances et la nature des publications.

Cet ouvrage qui paraît pour la première fois a dû coûter une somme considérable de travail et de recherches, il est appelé à rendre de réels services.

Nous croyons toutefois devoir appeler l'attention de l'auteur sur quelques omissions ou erreurs, que nous avons remarquées notamment dans les Sociétés d'Ingénieurs et qu'il lui sera, du reste, facile de réparer dans la prochaine édition.

A. M.

La chimie physique et ses applications. *Huit leçons faites sur l'invitation de l'Université de Chicago* (1), par VAN'T HOFF ; ouvrage traduit de l'allemand par A. CORVISY, professeur agrégé au lycée de Limoges.

Dans son introduction, M. Van't Hoff dit qu'il y a trente ans, son maître Kékulé pensait que la chimie était parvenue à un point mort et n'avait la perspective d'aucun progrès. Le Newton qui doit découvrir les lois en vertu desquelles les atomes sont unis dans leur constellation, dans la molécule, et forment un ensemble fermé et complet, n'est, en effet, pas encore venu; mais depuis quinze ans, la chimie physique étudie les

(1) In-8°, 245 × 160 de XII-783 pages. Paris, H. Le Soudier, 1904. — Prix : broché, 10 francs.

(1) Un vol. in-8, de 79 pages avec figure. Paris, Hermant, éditeur. 1903.

transformations chimiques, la vitesse des réactions, les phénomènes électrolytiques. Une des conquêtes, la mieux établie, de cette science est l'étude de l'établissement et de l'application de la pression osmotique, que M. Jean Perrin a poursuivie si brillament. M. Van't Hoff considère la chimie physique dans ses applications à la chimie, ses relations avec la chimie appliquée ou technologie, avec la physiologie; enfin, ses applications pour résoudre certains problèmes de géologie. La chimie physique applique aux problèmes chimiques les moyens, les méthodes et les instruments de la physique. Lavoisier a fondé cette science, en employant la balance, Bunsen a continué avec le spectroscope, Berthelot et Thomsen ont poursuivi avec le calorimètre. La chimie physique a introduit dans l'étude des questions chimiques une méthode de travail nouvelle et féconde; elle nous a donné un principe qui permet de prévoir dans quel sens et jusqu'où peut aller une réaction; enfin la chimie physique nous donne une notion plus approfondie des solutions électrolytiques, c'est-à-dire des bases, des acides et des sels. La théorie des ions et l'hypothèse de la dissociation électrolytique d'Arrhénius ont été son œuvre.

Dans sa troisième leçon, M. Van't Hoff parle de l'application de la chimie physique aux problèmes techniques; il insiste sur le rôle considérable qu'a joué le laboratoire dans l'essor de l'industrie allemande. Il montre les applications de la chimie physique au problème de la transformation de l'étain et ce qu'a fait cette science dans le domaine des fers, fers doux, fontes et aciers. Dans les leçons sur les relations de la chimie physique et la physiologie, on entre dans l'étude des problèmes si intéressants de l'origine de la vie et de la reproduction.

Enfin dans les septième et huitième leçons, M. Van't Hoff explique la formation de la croûte terrestre par deux phénomènes, qui sont du ressort de la chimie physique :

1° Le refroidissement lent de la masse fluide et la solidification progressive de celle-ci.

2° La concentration des solutions liquides avec formation de dépôts solides.

Ces leçons sont claires, dignes du savant professeur et s'adressent fort bien à ceux qui n'ont aucune notion de cette nouvelle branche de la science.

Paul Besson.

Cours d'économie politique (1), professé à l'École Nationale des Ponts et Chaussées, par M. C. Colson, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Conseiller d'État. Tome second. — Encyclopédie Lechalas.

MM. Colson et Lechalas ont bien voulu envoyer à la bibliothèque de notre Société le second volume du cours d'économie politique de M. Colson. Nous avons rendu compte du premier volume de cet ouvrage con-

(1) In-8°, 255 × 165 de 774 p. Paris, Gauthier-Villars; Guillaumin et Cie, 1903. Prix : broché, 10 *f.*

sidérable, dans le Bulletin d'octobre 1901, et nous sommes heureux d'appeler l'attention de nos Collègues sur le second volume, en en faisant connaître le contenu dans une analyse très sommaire.

Ce volume est consacré à l'étude de la propriété des biens corporels et incorporels, du commerce et de la circulation. Nous rappellerons que la seconde partie du précédent ayant traité la question du *travail*, la première et la plus importante parmi les sources de la production des objets nécessaires à l'humanité, le présent volume s'occupe de l'autre élément de la production, celui que, dans le langage courant, on oppose au travail en l'appelant *le capital*.

Ce volume est divisé en deux livres, dont le premier a pour titre : la propriété des capitaux, des agents naturels et des biens incorporels, et contient quatre chapitres. Le premier chapitre, intitulé : caractères généraux, origine et formes diverses de la propriété, étudie la nature du droit de propriété et les considérations qui le justifient, en passant en revue les diverses formes de la propriété. L'auteur, dont nous avons pu déjà apprécier les idées dans le premier volume, combat très vivement les théories socialistes, qui considèrent la propriété individuelle comme une forme transitoire, appelée à disparaître par une évolution économique normale et spontanée. Il considère qu'au contraire, la communauté des biens est le passé et non l'avenir. Rien ne permet de prévoir une disparition spontanée de la propriété individuelle et, si la force venait à l'imposer, loin de hâter la venue d'une organisation meilleure, elle supprimerait l'élément essentiel du progrès et, en annihilant l'action des véritables causes de l'accroissement des salaires, arrêterait, loin de l'accélérer, l'amélioration générale du sort matériel de l'humanité.

Le chapitre deuxième traite de la gestion et de la transmission de la propriété; la première question porte sur l'exploitation des biens par leurs propriétaires ou par les personnes à qui il les confie, et sur la grosse question du crédit embrassant les prêts et emprunts, les intérêts, les rentes sur l'État, les fonds publics, etc.; la seconde, sur la transmission des biens entre vifs, et la troisième, sur la transmission des biens par héritage. On voit que ces deux questions embrassent un domaine considérable dont nous ne pouvons ici que signaler l'étendue.

Le troisième chapitre nous parle de l'importance statistique et du rôle économique des différentes catégories de biens; ces biens sont : la propriété rurale et la production agricole, les mines et carrières, la propriété bâtie, les objets mobiliers, les propriétés publiques et les biens incorporels; dans ce chapitre, l'auteur étudie la fortune totale de la France et le total des fortunes privées, et évalue la première à 209 milliards, dont 161 milliards d'immeubles et 48 d'objets mobiliers et la seconde à 239 milliards dont 117 de propriétés immobilières. Ces chiffres s'appliquent à 1899-1900. Les deux totaux présentent un écart qui n'implique aucune contradiction, car ils répondent à deux points de vue très différents, et d'ailleurs, il est difficile de prétendre établir des totaux de cette nature à 5 ou 10 0/0 près.

Le chapitre quatrième s'occupe de la répartition des revenus et de ses modifications; il se termine par des considérations intéressantes sur l'inégalité des conditions, état de choses inévitable, mais qui s'améliore

spontanément par le progrès seul de la richesse générale, sans qu'il soit nécessaire de recourir à l'expropriation brutale des classes riches, moyen violent dont l'effet serait tout l'opposé de ce que supposent ses partisans. L'accumulation des capitaux est, au contraire, le facteur essentiel de la hausse des salaires et de l'amélioration du sort des travailleurs.

Le quatrième livre, c'est-à-dire le second de ce volume, traite du commerce et de la spéculation; il est divisé en six chapitres. Le premier s'occupe des caractères généraux des actes de commerce, de la législation commerciale et des règles de police et restrictions à la liberté du commerce; le second de la monnaie, du papier-monnaie et de la banque. On y trouve traitées les grosses questions de la valeur de la monnaie, de la monnaie fiduciaire, du bimétallisme, des opérations de banque, du change, etc.; le troisième chapitre nous entretient du commerce en gros, de la spéculation sur les valeurs et les marchandises, et des coalitions : cette dernière question est toute d'actualité. L'auteur est d'avis qu'en matière de coalition, comme en matière de spéculation, les mesures répressives, si souvent proposées, ne paraissent ni nécessaires, ni efficaces, et seraient par suite peu justifiées; l'expérience a démontré, comme d'ailleurs le raisonnement, que le libre jeu des forces économiques suffit à déjouer les combinaisons qui tendraient à fausser effectivement les prix du marché.

Le chapitre quatrième s'occupe du commerce de détail et des associations coopératives de consommation. L'auteur rappelle à ce sujet que les socialistes ont jadis attaqué violemment les économats et les coopératives, comme les grands magasins, envisageant ces derniers comme des développements de la concentration capitaliste et les autres comme un moyen d'enrôler le prolétariat dans des associations basées sur le principe de la propriété privée, tandis qu'aujourd'hui, s'ils continuent à attaquer les économats comme toutes les œuvres patronales, ils considèrent les autres formes de la concentration commerciale comme un acheminement vers cette concentration définitive qui résultera, d'après eux, de la main-mise par l'État sur toutes les entreprises privées. Contre les dangers que peut présenter, à un moment donné, le développement excessif des grands organismes de concentration commerciale, la libre concurrence est un remède d'une efficacité certaine. Il suffit que la loi tienne la balance égale entre tous, pour que les organisations les plus aptes à servir la cause du progrès soient celles qui auront le plus de chances de prévaloir.

Le chapitre cinquième traite du commerce international et du système protectionniste. L'auteur y expose l'objet et les caractères généraux du commerce international, sa théorie et celle du libre-échange et de la protection, les traités de commerce, etc. L'étude du système protectionniste le conduit à des conclusions défavorables à ce système, qui tend à entraver le libre jeu des forces économiques, lequel assure, sinon parfaitement, du moins mieux qu'aucun autre régime, le bon emploi des moyens de production et la répartition équitable des produits.

Le sixième chapitre étudie les effets généraux de la liberté des échanges et ceux de l'intervention directe de l'État dans les opérations commerciales. Cette intervention de l'État dans les transactions privées, en de-

hors des mesures de police qui rentrent dans ses attributions normales, entraine, selon l'auteur, bien plus d'inconvénients qu'elle n'en évite, et les conceptions imaginées pour substituer entièrement son action à celle des entreprises privées sont absolument chimériques.

M. Colson rappelle, en terminant ce volume, que l'Économie politique ne mérite pas les critiques qu'on lui a prodiguées; quoi qu'on en ait dit, elle n'est pas sans avoir obtenu des résultats utiles, car c'est à son intervention que sont dus, en partie au moins, le retour de beaucoup d'États à des pratiques plus sages en matière monétaire et l'atténuation des dernières crises par une conduite prudente des banques; le développement des échanges, qui permet à l'humanité d'exploiter toute la terre comme un domaine unique en contribuant à une amélioration sensible de sa situation matérielle, a donné une preuve nouvelle et une éclatante confirmation aux conclusions de cette science. On ne saurait donc admettre que la défaveur que la propagation des idées interventionistes et socialistes semble jeter sur elle puisse porter une atteinte durable à son autorité.

Le troisième et dernier volume de cet ouvrage magistral traitera des finances publiques et des travaux publics.

A. Mallet.

L. Vicat, sa vie et ses travaux avec des notes (1), par Merceron-Vicat, ancien Ingénieur des Ponts et Chaussées, Gérant de la Société Vicat.

La renommée de Vicat est universelle et cependant combien de personnes connaissent ses travaux et savent comment il a été amené à faire ses belles découvertes! aussi M. Merceron-Vicat a-t-il accompli une œuvre utile en même temps qu'il a élevé à la mémoire de son grand-père un monument de piété filiale en réunissant, comme il le dit lui-même, en un faisceau, les documents dispersés dans plusieurs publications et les plus propres à faire connaître la vie de L. Vicat et ses principales découvertes.

Le livre débute par une notice biographique de M. Mary, Inspecteur général des Ponts et Chaussées. La vie du célèbre Ingénieur est racontée simplement, sans phrases et ce récit est cependant des plus émouvants parce qu'il montre ce que le travail acharné et l'observation patiente ont pu réaliser dans toute cette existence si noblement remplie. Vicat n'a connu d'autre préoccupation que de donner à son pays, au prix d'un labeur incessant, de plus grandes richesses. Quant à lui, avec l'abnégation du savant, il ne cherche même pas à tirer le moindre profit personnel de ses découvertes. Ainsi la notice de M. Mary fait apparaître L. Vicat comme une des gloires les plus pures de la France.

Les chapitres suivants sont consacrés aux passages les plus saillants des œuvres de Vicat et montrent ainsi les étapes successives de ses découvertes. C'est d'abord la fabrication des chaux hydrauliques arti-

(1) In-8°, 215 × 135 de 245 p. Paris, Vve Ch. Dunod, 1903. Prix : broché, 3 fr. 50.

ficielles (1818), puis la classification des chaux hydrauliques (1828). Vient ensuite un extrait intitulé : « Chaux limites et calcaires argileux incomplètement cuits » (1840).

Le quatrième extrait traite de la Fabrication des Pouzzolanes artificielles (1846) ; le cinquième extrait est intitulé : « Ciments éventés et ciments cuits jusqu'à ramollissement » (1851). Enfin, le dernier de ces extraits est consacré à l'action de l'eau de mer sur les mortiers hydrauliques (1846-1853).

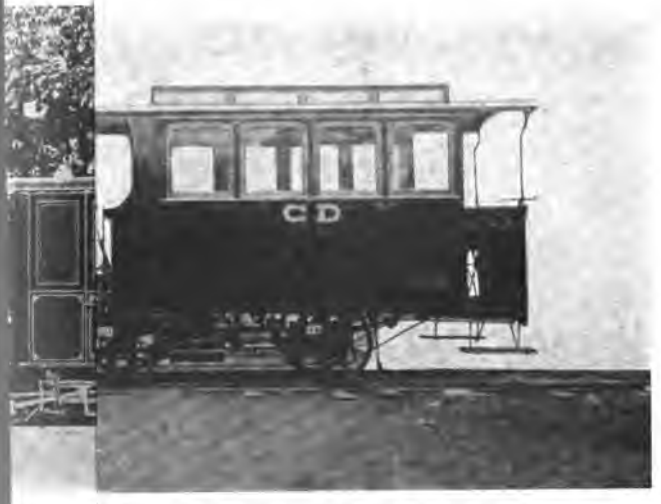
Dans un dernier chapitre intitulé : « Les travaux de Vicat jugés par ses contemporains » M. Merceron-Vicat cite les mémoires et rapports faits au Conseil municipal de la Ville de Paris, à la Chambre des Députés par Arago, à la Chambre des Pairs par le baron Thénard, à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale à propos du prix de 12 000 *f* décerné à Vicat, en 1846.

E. Candlot.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,

A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 22288-12-03. — (Encre Lorilleux).



ard (Tu Voiture à pétrole de la Drôme (Turgan Foy).

Drôme Voiture à pétrole du Wurtemberg (Daimler).

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 24144-12-03. — (Encre Lorilleux).

leau.

Aspect des
en culture sur plaq

Colonie d'un baci
Grossissement

a b

Bacilles typhiques.

Préparation de cultures pures.
Coloration à la fuschine phéniquée.
a — Culture sur gélose.
b — Culture sur pomme de terre.
Grossissement : 800 fois.

Colonie d'un bacill
Grossissemen

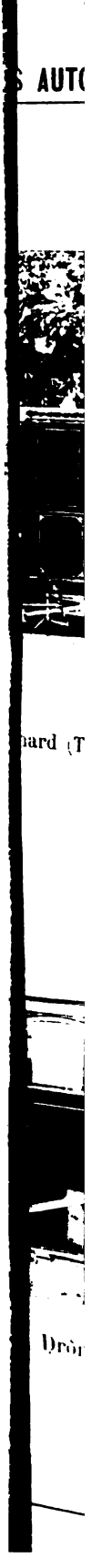
Spirilles du choléra.

D'origine indienne à plusieurs cils.
nales de l'Institut Pasteur, VII, 1893, p. 554).

Bacillus subtilis. Culture
a — Colonie âgée de
b — Colonie âgée de
Grossissemen

(D'après MACÉ.)

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX. — 824-1-04.



Voiture à pétrole de la Drôme (Turgan Foy).

Voiture à pétrole du Wurtemberg (Daimler).

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 25134-12-01. — (Encre Lorilleux)

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

DÉCEMBRE 1903

N° 12.

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de décembre 1903, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Chemins de fer et Tramways.

BARBILLION (L.) ET GRIFFISCH (G.-J.). — *Traité pratique de traction électrique*, par L. Barbillion et G.-J. Griffisch. *Tome second* (in-8°, 285 × 195, pages 753 à 1 530, fig. 515 à 957). Paris, E. Bernard, 1904 (Don de l'éditeur). 42973

Chemins de fer de l'Europe. Situation au 1er janvier 1903. Ouvertures en 1902 (Extrait du Journal Officiel du 28 novembre 1903) (Ministère des Travaux publics. Direction des Chemins de fer) (in-4°, 310 × 240 de 8 p.). Paris, Imprimerie des Journaux officiels (Don du Ministère des Travaux publics). 42984

PIKETTY (P.). — *L'incendie du chemin de fer métropolitain de Paris. Note sur la résistance au feu d'un plancher en ciment armé construit* par Paul Piketty (in-8°, 215 × 135 de 8 p.). Paris, Croville-Morant, 1903 (Don de l'auteur). 42986

Report of the Proceedings of the Thirty-seventh Annual Convention of the Master Car Builders' Association held at Saratoga N. Y. June 30, 31 and July 1, 1903 (in-8°, 230 × 150 de 620 p. avec fig. et pl.). Chicago. Ill. The Henry O. Shepard Company, 1903. 42982

Construction des Machines.

Annual Report of the Chief of the Bureau of Steam Engineering 1903 (in-8°, 230 × 145 de 67 p.). Washington, Government Printing Office, 1903. 42995

Associazione fra gli Utenti di Caldaie a Vapor avente sede in Milano. Rendiconto dell' esercizio del 1902. Anno dodicesimo (in-8°, 260 × 180 de 107 p.). Milano, P.-B. Bellini, 1903. 42981

MONTPELLIER (J.-A.) ET ALIAMET (M.). — *Guide pratique de mesures et essais industriels. Instruments et méthodes de mesure. Applications*, par J.-A. Montpellier et M. Aliamet. *Tome II. Instruments et méthodes de mesure des quantités magnétiques* (in-8°, 250 × 165 de 164 p. avec 73 fig.). Paris, V^ve^ Ch. Dunod, 1904 (Don de l'éditeur). 42978

Économie politique et sociale.

Annuaire statistique. Vingt-deuxième volume 1902 (République française, Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction du travail. Statistique générale de la France) (in-8°, 270 × 170 de XXXVIII-528 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1903 (Don du Ministère du Commerce). 42988

Enquête et documents sur le délai-congé (République française, Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Conseil supérieur du travail. Session de 1903) (in-4°, 265 × 215 de 104 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1903 (Don du Ministère du Commerce). 43022

La réglementation du travail dans les entreprises de transport (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Conseil supérieur du travail. Commission permanente) (in-4°, 265 × 215 de 87 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1903 (Don du Ministère du Commerce). 43020

Les caisses de chômage (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Conseil supérieur du travail. Commission permanente) (in-4°, 265 × 215 de 148 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1903 (Don du Ministère du Commerce). 43021

Société de secours des amis des sciences. Compte rendu du quarante-sixième exercice, quarantième seance publique annuelle, tenue le 19 juin 1903 dans l'Amphithéâtre Richelieu, à la Sorbonne (in-8°, 215 × 135 de 272 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1903. 43002

Électricité.

BRILLOUIN (M.). — *Propagation de l'Électricité. Histoire et théorie*, par Marcel Brillouin (Cours du Collège de France) (in-8°, 255 × 165 de VI-399 p. avec 56 fig. et 4 pl.). Paris, A. Hermann, 1904 (Don de l'éditeur). 42972

ESTAUNIÉ (ÉD.). — *Traité pratique de télécommunication électrique (Télégraphie-Téléphonie)*, par Édouard Estaunié (in-8°, 250 × 165 de XX-670 p. avec 528 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1904 (Don de l'éditeur). 42979

GUARINI (É.). — *L'électricité dans les mines, en Europe.* Traduit de The Engineering Magazine, par Émile Guarini (in 8°, 245 × 155 de 46 p. avec 30 fig.). Bruxelles, Ramlot frères et sœurs (Don de l'auteur). 43009

GUARINI (É.). — *La télégraphie sans fil. L'œuvre de Marconi.* Traduit du Scientific American de New-York, par Émile Guarini (in-8°, 250 × 165 de 64 p. avec 88 fig. dans le texte, portrait et signature de Marconi). Bruxelles, Ramlot frères et sœurs (Don de Mme Vve Ch. Dunod). 42980

GUILLET (L.). — *Précis d'électrochimie et d'électrométallurgie*, par Léon Guillet (Encyclopédie industrielle) (in-18, 180 × 115 de 357 p. avec 78 fig.). Paris, J.-B. Baillière et fils, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 43006

PERRINE (F.-A.-C.). — *The Influence of electricity on the development of Water Powers. A Paper read before the New England Cotton Manufacturers' Association*, by F.-A.-C. Perrine (in-8°, 230 × 175 de 11 p.) Waltham-Mass. Press of E. L. Barry, 1903 (Don de M. D. Ray Lillibridge). 42976

SARTIAUX (E.) ET ALIAMET (M.). — *Principales découvertes et publications concernant l'électricité de 1562 à 1900*, par Eugène Sartiaux et Maurice Aliamet. Monographie du Musée rétrospectif français de l'Électricité à l'Exposition universelle de 1900 (in 8°, 275 × 185 de XII-267 p. avec 1 portrait hors texte, 28 portraits dans le texte, 278 fig. et 9 autographes). Paris, J. Rueff, 1903 (Don des auteurs, M. de la S.). 42970

Enseignement.

CORTHELL (E.-L.). — *Report upon Engineering Education*, by Elmer L. Corthell (Reprinted from Technology Quarterly, Volume XVI, n° 3. September 1903) (in-8°, 260 × 180, pages 163 à 221) (Don de l'auteur, M. de la S.). 42996

Filature et Tissage.

SIMON (E.). — *Unification du numérotage des fils. La soie. Titrage et numérotage*, par M. E. Simon (Extrait du Bulletin d'octobre 1903 de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale) (in-4°, 270 × 220 de 12 p.). Paris, Philippe Renouard, 1903. (Don de l'auteur, M. de la S.) 42985

Législation.

Annuaire du groupe de Paris (Seine, Seine-et-Oise et Seine-et-Marne) de l'Association amicale des anciens élèves de l'École Centrale des Arts et Manufactures. Année 1903 (in-8°, 215 × 125 de 32 p.). Paris, Imprimerie Eugène Compiègne. 43011

Annuaire international des Sociétés savantes, par H. Delaunay. Introduction de M. le Professeur C.-M. Gariel, *1903* (in-8°, 245×160 de XII-783 p.). Paris, H. Le Soudier, 1904. 42968

Médecine. — Hygiène. — Sauvetage.

MAMY (H.). — *Rapport sur la lutte contre l'alcoolisme dans l'industrie*, par M. H. Mamy (Association des Industriels de France contre les accidents du travail. Circulaire n° 28. Paris, décembre 1903) (in-8°, 240×160 de 9 p.). Paris, Imprimerie Chaix, 1903. (Don de l'auteur, M. de la S.) 42983

Métallurgie et Mines.

GUILLET (L.). — *Aciers au manganèse*, par M. L. Guillet (Extrait du Bulletin d'octobre 1903 de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale) (in-4°, 270×220 de 32 p. avec 31 fig.). Paris, Philippe Renouard, 1903. (Don de l'auteur, M. de la S.) 42997

GUILLET (L.). — *La métallographie des aciers au nickel*, par M. Léon Guillet (Extrait du Bulletin de mai 1903 de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale) (in-4°, 270×220 de 32 p. avec 40 fig.). Paris, Philippe Renouard, 1903. (Don de l'auteur, M. de la S.) 42998

GUILLET (L.). — *Nouvelles recherches sur les aciers au nickel*, par M. L. Guillet (Extrait du Bulletin d'août 1903 de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale) (in-4°, 270×220 de 11 p. avec 1 fig.). Paris, Philippe Renouard, 1903. (Don de l'auteur, M. de la S.) 42999

Recueils statistiques sur les métaux suivants : plomb, cuivre, zinc, étain, argent, nickel, aluminium et mercure, établis par la Metallgesellschaft et la Metallurgische Gesellschaft A.-G. *10e année 1892-1903* (in-4°, 270×210 de 63 p.). Francfort-s-Mein, octobre 1903. 42969

Physique.

GIBBS (J.-W.), ROY (G.), BRUNHES (B.). — *Diagrammes et surfaces thermodynamiques*, par J.-W. Gibbs. Traduction de M. G. Roy, avec une Introduction de M. B. Brunhes (Scientia. Série Physico-mathématique n° 22, novembre 1903) (in-8°, 200×130 de 86 p. avec 18 fig.). Paris, C. Naud, 1903. (Don de l'éditeur.) 43010

Sciences mathématiques.

JULLY (A.). — *La règle à calculs*, par A. Jully. *Notions théoriques. Emploi et applications pratiques* (in-16, 180×130 de 125 p.). Paris, E. Bernard, 1903. (Don de l'éditeur.) 42967

MACH (E.), BERTRAND (E.), PICARD (E.). — *La Mécanique. Exposé historique et critique de son développement*, par Ernst Mach. Ouvrage traduit sur la quatrième édition allemande, par Émile Bertrand, avec une Introduction de Émile Picard (in-8°, 255×165 de IX-499 p. et 233 fig.). Paris, A. Hermann, 1904. (Don de l'éditeur.) 42971

Sciences morales. — Divers.

BOILÈVE (V.). — *Une visite à Cette et aux Forges et Hauts Fourneaux Schneider et C^ie^*, par M. V. Boilève (Société d'Études des Sciences naturelles de Béziers. Extrait du Bulletin, XXVI^e^ volume, année 1903. Excursion du 10 mai 1903) (in-8°, 240×155 de 21 p.). Béziers, Henry Azaïs, 1903. (Don de l'auteur, M. de la S.) 42977

DESMOINEAUX (A.). — *Norsk-Dansk-Fransk, ordbog med udtalebetegnelse* af Auguste Desmoineaux (Vocabulaire Garnier) (in-32, 135×80 de 322 p.). Paris, Garnier frères. 42989

DESMOINEAUX (A.). — *Vocabulaire français-dano-norvégien, contenant tous les mots usuels, avec leur prononciation figurée*, par Auguste Desmoineaux (Vocabulaire Garnier) (in-32, 135×80 de 348 p.). Paris, Garnier frères, 1903. 42990

MACRÈS. — *Essai sur la philosophie de la Mécanique*, par Macrès. *Théorie de la connaissance. Espaces géométriques. Conservation de l'énergie. Déterminisme et liberté, suivant Descartes et Leibnitz. Principes directeurs des phénomènes. Causes finales. Principe de la moindre action généralisé* (in-12, 180×120 de 150 p.). Paris, Marescq J^ne^. (Don de l'éditeur.) 42975

Technologie générale.

Almanach Hachette. Petite Encyclopédie populaire de la vie pratique. Édition simple pour 1904. (in-16, 195×120 de 432-LXXVI p. avec illustr. et cartes). Paris, Hachette et C^ie^. 42987

Annual Report of the Board of Regents of the Smithsonian Institution, showing the Operations, Expenditures and Condition of the Institution for the year ending June 30, 1902 (in-8°, 230×145 de LVI-687 p. avec 110 illust.). Washington, Government Printing Office, 1903. 42994

2^e^ *Congrès international contre l'abus du tabac, tenu à Paris, du 20 au 24 août 1900. Procès-verbaux sommaires*, par E. Decroix (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900. Direction générale de l'Exploitation) (in-8°, 265×175 de 14 p.), Paris, Imprimerie nationale, 1903. (Don du Ministère du Commerce.) 43006

Congrès international de Physique, tenu à Paris, du 6 au 12 août 1900, sous les auspices de la Société française de Physique. Procès-verbaux sommaires. (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900. Direction générale de l'Exploitation) (in-8°, 265 × 175 de 39 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1900. (Don du Ministère du Commerce.) 43003

Congrès international de sociologie coloniale, tenu à Paris du 6 au 11 août 1900. Procès-verbaux sommaires (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900. Direction générale de l'Exploitation) (in-8°, 265 × 175 de 38 p.). Paris, Imprimerie nationale. 1900. (Don du Ministère du Commerce.) 43004

Congrès international des Syndicats agricoles et Associations similaires, tenu à Paris, du 8 au 14 juillet 1900 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900. Direction générale de l'Exploitation) (in-8°, 265 × 175 de 21 p.). Paris, Imprimerie nationale. 1900. (Don du Ministère du Commerce.) 43005

Congrès international des Voyageurs et Représentants de commerce, tenu à Paris, du 9 au 11 juillet 1900. Procès-verbaux sommaires, par M. A. Jamet (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900. Direction générale de l'Exploitation) (in-8°, 265 × 175 de 14 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1900. (Don du Ministère du Commerce.) 43007

Exposition universelle internationale de 1900. 1er Congrès international de l'Enseignement du dessin, tenu à Paris, en l'Hôtel du Cercle de la Librairie, 117, boulevard Saint-Germain, du 29 août au 1er septembre 1900 (in-8°, 255 × 165 de 348 p.). Paris, Siège de la Commission d'organisation, Cercle de la Librairie; Librairie des Arts du dessin et de la construction, 1902. (Don de M. J.-J. Pillet, M. de la S.) 42974

FRANCHE (G.). — *Manuel de l'ouvrier-mécanicien. Quatrième partie. Engrenages et transmissions*, par Georges Franche (Bibliothèque des Actualités industrielles, n° 97) (in-16, 180 × 125 de 134 p. avec fig. 318 à 406). Paris, Bernard Tignol. (Don de l'éditeur.) 43008

KODITEK (J.). — *IV. Register zur Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur-und Architekten-Vereines fur die Jahrgänge 1892-1902.* Bearbeitet von Johann Koditek (in-4°, 335 × 260 de 62 p.). Wien, R. Spies und C°, 1903. 43012

Rapports du Jury international. Groupe VI. Génie Civil. Moyens de transport. Troisième partie. Classe 32 (tome II). Classes 33 et 34 (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900 à Paris) (in-8°, 295 × 195 de 621 p. avec fig. 84 à 250). Paris, Imprimerie nationale, 1902. (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900.) 43001

Revue technique de l'Exposition universelle de 1900. Deuxième partie. Matériel et procédés généraux de la mécanique. Tome II, 2e fascicule (in-8°, 295×190, pages 129 à 240, avec 86 fig.). — *Tome III, 2e fascicule* (in-8°, 295×190, pages 209 à 400, avec fig. 129 à 311). — *Tome III, 2e fascicule* (planches 39 à 67, format 380×280). — *Cinquième partie. Moyens de transport, 1er fascicule* (in-8°, 295×190 de 263 p. avec 152 fig.). — *1er fasicule* (planches 1 à 12, format 380×280). Paris, E. Bernard, 1903. (Don de l'éditeur.) 43013 à 43017

Travaux Publics.

GOUAULT (A.). — *La responsabilité de l'architecte. Causeries*, par A. Gouault. (Extrait de l'Architecture, XXVIe année, 1903) (in-8°, 245×165 de 43 p.). Paris, Imprimerie de J. Dumoulin, 1903. (Don de l'auteur, M. de la S.) 43018

GOUAULT (A.). — *La servitude de l'alignement et les décrets de la Constituante*, par A. Gouault (in-8°, 245×165 de 16 p.). Paris, Imprimerie de J. Dumoulin, 1903. (Don de l'auteur, M. de la S.) 43019

RAYMOND (C.-W.), CLURE (J.-Mc.). — *Analytical and Topical Index to the Reports of the Chief of Engineers and Officers of the Corps of Engineers United States Army 1866-1900. Volumes I and II. — River and Harbour-Works. Volume III. Fortifications, Bridges, Laws, Miscellaneous and Topical Index.* Compiled under the Direction of Lieut. Colonel C.-W. Raymond, by John Mc. Clure (3 vol. in-8°, 235×145 de 1788 p.). Washington, Government Printing Office, 1902-1903. (Don de M. D. Bellet, M. de la S.) 42991 à 42993

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis, pendant le mois de décembre 1903, sont :

Comme Membres Sociétaires, MM. :

Ch.-Ph. Altmann,	présenté par MM.	Bonvillain, Hug, Ronceray.
M.-H.-G. Bernard,	—	Bougault, Bourdil, Janet.
P. Carde,	—	Baudouin, Cornuault, Laurain.
E.-A. Court,	—	Castelnau, Couroux, Werth.
Ch.-A. Defauconpret,	—	Bodin, du Bousquet, Dumont.
P.-H. Dubreucq-Perus,	—	du Bousquet, Bonvillain, Chalon.
L.-P.-P.-J. Fouquet,	—	Bodin, Molinos, Fouquet.
A.-F. Gilbert,	—	Bougault, Letort, Pélissier.
J.-R.-A. Guillaume,	—	Moreau, Forgue, Stofft.
J. Husband,	—	Bodin, Brüll, Mallet.
E.-P.-L. Marting,	—	Gauthier, Pantz, Roche.
J.-Ch.-L. Roland-Gosselin,		Bodin, Fouquet, Gouin.

Comme Membre Sociétaire assistant, M. :

L.-Ch. Bougault, présenté par MM. Bloch, Mallet, Ragot.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE DÉCEMBRE 1903

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 4 DÉCEMBRE 1903

PRÉSIDENCE DE M. P. BODIN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire connaître le décès de MM. ;

L.-A.-B. de Quillacq, Membre de la Société depuis 1877, chevalier de la Légion d'honneur, Président honoraire de l'Union industrielle des Constructeurs des arrondissements de Valenciennes et d'Avesnes, Administrateur de la Banque de France ;

E. Cartier, ancien Élève de l'Ecole Centrale (1851), Membre de la Société depuis 1867, Ingénieur Civil ;

M. Jouffret, Membre de la Société depuis 1875, ancien Ingénieur du matériel et de la traction de la Compagnie des Chemins de fer des Dombes et du Sud-Est, Administrateur de la Compagnie des Chemins de fer de la Camargue, de la Société Française métallurgique (procédés Griffin), et de la Société Gramme ;

Sir F. J. Bramwell (baronnet), Membre de la Société depuis 1875, ancien Président de l'Institution of Civil Engineers.

M. le Président adresse aux familles de ces Collègues l'expression des sentiments de condoléances de la Société.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer les décorations et nominations suivantes :

Ont été nommés :

Officier d'Académie : M. A. Lang ;

Commandeur du Mérite Agricole : M. A. Bajac ;

Officier du Mérite Agricole : M. L. Pinchart-Deny ;

Chevaliers du Mérite Agricole : MM. G. Chauveau, E. Hospitalier.

M. E. Bertin, Directeur du Génie maritime, a été nommé Membre de l'Académie des Sciences;

La Société Industrielle du Nord de la France a alloué à M. C. Canovetti une mention honorable pour une étude sur le moyen de déterminer rapidement les altérations du ciment;

M. M. Rondet a été nommé Conseiller du commerce extérieur de la France.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus. Cette liste sera insérée dans un prochain Bulletin.

M. LE PRÉSIDENT donne avis que le Congrès des Sociétés savantes s'ouvrira, à la Sorbonne, le mardi 5 avril 1904, à 2 heures très précises, et que ses travaux se poursuivront les 6, 7, 8 et 9 avril.

M. Marcel DEPREZ a la parole pour sa communication sur la *Transmission de la chaleur des gaz aux parois métalliques* et son *Application aux chaudières à vapeur.*

M. Marcel DEPREZ expose le résumé des recherches théoriques et expérimentales qu'il poursuit depuis plus de douze ans sur la transmission de la chaleur des gaz aux surfaces métalliques, et sur leur application aux chaudières à vapeur.

Grâce à la publication des expériences entreprises sur les chaudières tubulaires de locomotives par M. Henry, Ingénieur en chef du matériel et de la traction de la Compagnie P.-L.-M., et poursuivis par son successeur, M. Baudry, M. Deprez a pu réunir les données expérimentales indispensables à l'établissement d'une théorie entièrement nouvelle de la transmission de la chaleur des gaz aux parois métalliques avec lesquelles ils sont mis en contact.

Ces expériences sont de beaucoup les plus précises et les plus complètes qui aient jamais été faites dans le monde entier sur les chaudières de locomotives, et leur description complète exigerait plusieurs heures. Aussi M. Deprez se bornera-t-il à en extraire les nombres qui se rapportent aux points suivants :

L'intensité du tirage forcé produit par un jet de vapeur étant prise comme variable indépendante, on fait varier la longueur des tubes et on note : le poids P de charbon brûlé par heure; le poids Q de vapeur *sèche* produit pendant le même temps; la température T_1 des gaz brûlés à leur sortie du faisceau tubulaire.

M. Deprez montre que des considérations d'ordre physique et mathématique très simples conduisent, pour représenter le rendement économique $\frac{Q}{P}$ de la chaudière, à la formule très simple :

$$\frac{Q}{P} = \frac{ap_0}{a + P}$$

dans laquelle p_0 représente le poids maximum de vapeur que la chaudière est capable de produire par kilogramme de charbon lorsque P est très

petit, tandis que a est une constante croissant avec la longueur des tubes et *qu'une seule expérience* suffit à déterminer.

La différence entre les résultats de cette formule et ceux de l'expérience dépasse rarement 1 0/0 lorsque le tirage varie de 25 *mm* d'eau à 120 *mm* d'eau.

Quant au poids de charbon brûlé par heure, il est représenté avec une grande exactitude par la formule

$$P = P_1\sqrt{h}$$

dans laquelle on désigne par P_1 le poids de charbon brûlé dans une heure, lorsque l'intensité h du tirage exprimé en millimètres d'eau est égale à l'unité. En combinant les formules, on arrive aux deux formules suivantes :

$$\frac{Q}{P} = p = \frac{ap_0}{a + P_1\sqrt{h}} \qquad Q = \frac{ap_0 P_1\sqrt{h}}{a + P_1\sqrt{h}}$$

dans lesquelles il suffit de prendre $a = 4\,500$, $p_0 = 10.4$, $P_1 = 94$ pour représenter toutes les expériences faites sur les tubes à ailettes de 3 *m* de longueur adoptés sur les locomotives compound du P.-L.-M., depuis le tirage de 25 *mm* jusqu'à celui de 120 *mm*.

Mais, voulant aller plus loin, M. Marcel Deprez s'est proposé de trouver une théorie générale basée sur une hypothèse concernant le procédé suivant lequel les gaz cèdent leur chaleur à un corps plus froid qu'eux. Le point de départ de cette théorie est une expérience que M. Deprez répète devant la Société et qui démontre que, lorsqu'un gaz traverse un tube chauffé extérieurement par de l'eau bouillante, sa température initiale étant de 18 degrés, il sort du tube à la température de 84 degrés lorsque la différence de pression entre l'entrée et la sortie est de 1 *cm* d'eau; et que, si on élève cette différence de pression jusqu'à 1 *m*, la température de sortie ne s'abaisse que de 10 degrés.

M. Deprez montre que l'interprétation de cette expérience, qu'il a faite pour la première fois en 1895, conduit à représenter la température de sortie par une expression de la forme :

$$\frac{\Theta}{\Theta_0} = l^{-\frac{l}{l_1}}$$

dans laquelle on désigne par Θ et Θ_0 les excès de la température de l'eau chaude sur les températures finale et initiale de l'air ; l la longueur du tube ; l_1 la longueur du tube nécessaire pour que, en la parcourant, toutes les molécules de l'unité de volume (supposée très petite) viennent successivement en contact avec le tube, c'est-à-dire pour qu'il y ait une *permutation complète*.

M. Marcel Deprez termine sa communication en remerciant M. le Président de la Société des facilités qu'il lui a données pour répéter son expérience devant l'auditoire.

M. le Président remercie beaucoup M. Deprez d'avoir consenti à venir nous exposer les résultats de ses savants travaux qui nous ont vivement intéressés. Nous espérons que, dans quelques mois, il viendra nous donner les nouveaux résultats qu'il aura trouvés.

M. le Président adresse également les remerciements de la Société à nos Collègues : MM. Hillairet, Vice-Président ; E. Enfer, F. Bourdil, Ed. Bourdon et à M. Klepp, qui ont bien voulu mettre gracieusement à la disposition de la Société les dynamo, compresseur, becs et réservoir d'acétylène, manomètres, thermomètres à cadran, utilisés dans les expériences de ce soir.

M. L. Sekutowicz a la parole pour son *Étude sur la crise subie par l'industrie électrique, en Allemagne, en 1901-1902, et sa consolidation en 1903.*

M. L. Sekutowicz divise sa communication en trois parties. Après avoir rappelé rapidement, dans une courte introduction, le développement considérable de l'industrie allemande, en général, jusqu'à l'année 1900, il insiste sur ce fait que, contrairement à une opinion trop répandue, en France, les conditions économiques générales offertes aux constructeurs français, sont au moins aussi avantageuses. En particulier, les salaires sont aussi élevés, en Allemagne, les charges fiscales et ouvrières plutôt plus lourdes qu'en France. Quoi qu'il en soit, l'essor général des diverses industries a préparé, en Allemagne, celui de l'industrie électrique.

Abordant la *Première partie* de son travail, M. Sekutowicz expose ensuite le *Développement de l'industrie électrique allemande de 1890 à 1900.* Il étudie les sept grandes Sociétés de construction de matériel, indique sommairement la consistance de leurs établissements, décrit leur organisation générale ainsi que les conditions d'approvisionnement de leurs usines et étudie rapidement leur histoire financière. Il donne le rôle considérable des exportations et expose le mécanisme des entreprises financières qui, après avoir été indispensables à l'essor industriel, ont occasionné depuis, par l'excès même de leur développement, la crise récente. Il présente, à l'appui de cette opinion, les résultats de l'exploitation de ces Sociétés. Après un examen rapide des affaires secondaires de construction et de spécialités, l'auteur passe en revue les entreprises de distribution d'énergie et de tramways.

La *Deuxième partie* est consacrée à l'*Etude de la crise de 1901*. M. Sekutowicz rappelle les catastrophes financières qui l'ont inaugurée en Allemagne et la chute d'une seule Société électrique entraînée par les événements. Il montre cette crise presque confinée sur le terrain financier sans avoir atteint profondément la nation. Ses effets sur les Sociétés de construction électrique sont ensuite étudiés avec chiffres à l'appui relatifs aux résultats financiers. L'auteur montre qu'elle a été une crise de prix mais non de tonnage et que, depuis six mois, la *production* du matériel est redevenue très active.

Enfin, la *Troisième partie* est consacrée aux *Essais de consolidation de l'industrie en 1903*. Les fusions des Sociétés Allgemeine et Union et des Sociétés Siemens et Schuckert y sont exposées ainsi que les conséquences probables de ces mesures de concentration industrielle. Ces fusions ne sont pas seulement des opérations financières. Elles comportent des remaniements d'ateliers et des spécialisations d'outillage d'une grande importance.

M. Sekutowicz cherche ensuite à tirer les *Conclusions* de ces événements, en montrant d'abord que le résultat des fusions est encore incomplet, puisqu'elles n'ont pas encore permis de relever le prix de vente d'une manière appréciable, mais qu'on doit s'attendre à un parachèvement ultérieur de la concentration commencée.

Il indique ensuite que l'avenir est surtout dans les applications de l'énergie électrique à l'industrie minérale et métallurgique, en particulier, aux moteurs à gaz de hauts fourneaux et aux machines d'extraction électrique pour puits de mines. Il cite les récentes applications de ce genre faites en Allemagne et attire l'attention des industriels français sur l'étude de ces questions avant que les Allemands les aient devancés.

Après avoir cité les autres voies nouvelles ouvertes à l'industrie électrique (chemins de fer suburbains avec traction monophasée ou par courant continu à haute tension, — turbines à vapeur commandant directement des dynamos), il examine les possibilités d'un resserrement des exportations allemandes comme conséquence des futurs traités de commerce. Il ajoute que, pour y remédier, les Allemands, par un accord avec la General Electric Company, ont posé les jalons d'une future concentration internationale de l'industrie électrique.

En terminant, l'auteur adresse un chaleureux appel aux constructeurs français, auxquels l'évolution actuelle des applications de l'industrie électrique offre une occasion inespérée de regagner le terrain perdu. En entrant, nous aussi, dans la voie de la concentration industrielle, qui est une nécessité inévitable de notre époque, et reconnaissant que nous pouvons produire au même prix que l'étranger, à condition d'être aussi bien outillés que lui, il dit que nous pourrons exporter non seulement dans nos colonies, mais aussi à l'étranger, et fortifier ainsi notre vieil esprit d'entreprise nécessaire à la grandeur du pays.

M. LE PRÉSIDENT remercie beaucoup M. Sekutowicz de sa communication que nous avons écoutée avec grand intérêt, car il a bien voulu nous apporter ici le fruit de ses voyages en Allemagne.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. A.-A. Flachet, M.-L. de la Haye Duponsel, L.-A. Lelièvre, S. Léon, comme Membres sociétaires titulaires.

MM. Ch.-P. Altmann, M.-H.-G. Bernard, P. Carde, E.-A. Court, Ch.-A. Defauconpret, H. Dubreucq-Pérus, L.-P.-P.-J. Fouquet, A.-F. Gilbert, J.-R.-A. Guillaume, J. Husband, E.-P.-L. Marting, J.-Ch.-L. Roland-Gosselin sont admis comme Membres sociétaires titulaires, et

M. L.-Ch. Bougault, comme Membre sociétaire assistant.

La séance est levée à 11 heures et demie.

Le Secrétaire,
J.-M. BEL.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 18 DÉCEMBRE 1903

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE

PRÉSIDENCE DE M. L. SALOMON, ANCIEN PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

M. le PRÉSIDENT présente à l'Assemblée les regrets et les excuses de notre Président, M. P. Bodin, qui est absent de France en ce moment et n'a pu remettre son voyage.

Le procès-verbal de la précédente séance est ensuite adopté.

La Société étant réunie en Assemblée générale, conformément à l'article 17 des statuts, M. L. DE CHASSELOUP-LAUBAT, Trésorier, a la parole pour la lecture de son rapport annuel sur la situation financière. Il s'exprime ainsi :

MESSIEURS,

Le 30 novembre 1902, les Membres de la Société étaient au nombre de	3 661
Mais votre Comité a dû prononcer, d'office, à cette époque, la radiation de	44
Membres à compter du 1er décembre.	
Ce qui ramène le nombre des Membres, à cette date, à . . .	3 617
Du 1er décembre 1902 au 30 novembre 1903, les admissions ont été de	151
formant un total de	3 768
Pendant ce même laps de temps, la Société a perdu, par décès 71, par démissions et radiations 56, total	127
Le total des Membres de la Société, au 30 novembre 1903, est ainsi de	3 641
Il a donc augmenté, pendant l'année, de.	24

Cette augmentation, déjà inférieure à celle de l'année dernière, l'est également de plus de 100 à la moyenne des cinq années qui viennent de s'écouler.

Cette différence est due, pour partie, au chiffre relativement considérable de décès et de démissions que nous avons eu à enregistrer pendant l'année, et aussi au moins grand nombre de nouveaux Membres qui ont été présentés au cours de l'exercice écoulé.

Il y a là un point sur lequel je crois devoir attirer l'attention des Membres de la Société en les engageant à nous apporter leur concours pour nous amener des adhérents en plus grand nombre.

L'application de nos nouveaux statuts et la création de la catégorie de Membres dits « Sociétaires Assistants » sera, nous l'espérons, de nature à faciliter ce résultat.

Nous allons passer à l'examen du Bilan.

Le Bilan au 30 novembre 1903 se présente comme suit :

L'Actif comprend :

1° Le Fonds inaliénable	Fr.	383 700,45
2° Caisse (Espèces en caisse)		2 146,50
3° Débiteurs divers		78 443,76
4° Prix Henri Schneider { 1902 : 6 800,05 / 1917 : 26 413,55 }		33 213,60
Amortissement de l'Emprunt		3 000 »
6° Amortissement de Prêts		6 300 »
7° Bibliothèque		11 000 »
8° Immeuble		930 912,04
TOTAL	Fr.	1 448 716,35

Le Passif comprend :

1° Créditeurs divers	Fr.	53 064,55
2° Prix divers de 1904 et suivants		7 580,45
3° Prix Henri Schneider { 1902 : 6 800,05 / 1917 : 26 413,55 }		33 213,60
4° Emprunt		588 000 »
5° Tirage obligations 1902		2 000 »
6° — 1903		3 000 »
7° Remboursement de Prêts		6 300 »
8° Coupons échus et à échoir		16 036,85
9° Fonds de secours		660,50
	Fr.	709 855,95
Avoir de la Société		738 860,40
TOTAL	Fr.	1 448 716,35

BILAN AU

ACTIF

1° Fonds inaliénable :

a. Legs Nozo . . . . . Prix. . . . . Fr.		6 000 »	
b. Fondation Michel Alcan . . . . —		4 317 50	
c. Fondation Coignet . . . . . —		4 285 »	
d. Don Couvreux . . . . . —		4 857,75	
e. Legs Gottschalk . . . . . —		10 000 »	
f. Legs Giffard . . . . . Prix et Secours.		50 372,05	
g. Donation Schneider . . . . Secours		100 512 »	
h. Don anonyme . . . . . —		6 750 »	
i. Don Normand		3 249,80	
j. Legs Roy		873,50	
k. Legs de Hennaü		96 982,50	
l. Legs Huet		67 119 »	
m. Legs Mayer		13 612,50	
n. Legs Faliès		4 768,85	
o. Legs Meyer (nue propriété)		10 000 »	
			383 700,15
2° Caisse : Solde disponible . . . . . Fr.			2 146,50
3° Débiteurs divers :			
Cotisations 1903 et années antérieures (après réduction d'évaluation) . . . . . Fr.		8 820 »	
Obligations, banquiers et comptes de dépôt		69 004,26	
Divers		619,50	
			78 443,76
4° Prix Henri Schneider :			
a. 1902 . . . . . Fr.		6 800,05	
b. 1917		26 413,55	
			33 213,60
5° Amortissement de l'Emprunt			3 000 »
6° Amortissement de Prêts			6 300 »
7° Bibliothèque : Livres, catalogues, etc.			11 000 »
8° Immeuble :			
a. Terrain . . . . . Fr.		369 160,33	
b. Construction :			
Terrasse . . . . . Fr.	8 868 »		
Maçonnerie, sculpture, marbrerie	150 331,20		
Charpente, fer et bois	114 926,19		
Menuiserie, parquets	56 718,69		
Serrurerie	51 003,73		
Peinture, vitrerie	30 919,60		
Canalisation, pavage et divers	11 133,36		
Couverture et plomberie	26 537 »		
Fumisterie	27 454,35		
		477 892,12	
c. Installation :			
Ascenseur, monte-charges, plancher mobile.	1 »		
Gaz et électricité	35 236,08		
		35 237,08	
d. Ameublement et Matériel :			
Mobilier ancien . . . . . Fr.	6 000 »		
Ameublement et matériel	42 622,54		
		48 622,54	
			930 912,04
		Fr.	1 448 716,35

30 NOVEMBRE 1903

PASSIF

1° Créditeurs divers :

Impressions, planches, croquis, divers travaux en cours.	Fr.	11 750,15	
Créditeurs divers		41 314,40	
			53 061,55

2° Prix divers 1904 et suivants :

a. Prix Annuel	Fr.	Mémoire	
b. Prix Nozo		273,60	
c. Prix Giffard 1902, prorogé 1905		3 000 »	
d. Prix Giffard 1905		2 515,20	
e. Prix Michel Alcan		390,95	
f. Prix François Coignet		477 15	
g. Prix Alphonse Couvreux		350,70	
h. Prix A. Gottschalk		572 85	
			7 580,45

3° Prix Henri Schneider :

a. 1902	Fr.	6 800,05	
b. 1917		26 413,55	
			33 213,60

4° Emprunt	588 000 »
5° Tirage Obligations 1902	2 000 »
6° — 1903	3 000 »
7° Remboursement de Prêts	6 300 »

8° Coupons échus et à échoir :

N° 6.	Échéance du 1er janvier 1899	Fr.	8,95
N° 7.	— 1er juillet 1899		8,95
N° 8.	— 1er janvier 1900		65,15
N° 9.	— 1er juillet 1900		74,60
N° 10.	— 1er janvier 1901		101,45
N° 11.	— 1er juillet 1901		137,25
N° 12.	— 1er janvier 1902		417,25
N° 13.	— 1er juillet 1902		639,05
N° 14.	— 1er janvier 1903		747,10
N° 15.	— 1er juillet 1903		2 793,20
N° 16.	— 1er janvier 1904		11 043,90
			16 036,85

9° Fonds de secours		660,50
	Fr.	709 855,95
Avoir de la Société		738 860,40
	Fr.	1 448 716,35

Actif.

Notre *Fonds inaliénable* s'est accru d'environ 3 900 *f*, provenant pour la plus grande partie du don que notre Collègue, M. Normand, a bien voulu nous faire en nous abandonnant la totalité de la somme qui lui a été attribuée au titre du Prix Schneider. Le surplus est dû à la générosité de M. Simon, fondateur du Prix Michel-Alcan, qui nous a remis une certaine somme en rentes sur l'État en vue d'augmenter les revenus du Prix correspondant,

Je dois, à cette occasion, adresser nos plus vifs remerciements à ces généreux donateurs, MM. A. Normand et E. Simon, auxquels je suis heureux de joindre également les noms de MM. H. Audemar, B. Duchesne, C.-L.-E. Blétry, A. Macdonald, qui ont fait, au cours de l'Exercice, différents dons s'élevant au total à la somme de 509 *f*.

Le compte *Caisse* n'appelle aucune observation.

Le compte *Débiteurs divers* est plus élevé que l'année dernière, grâce aux sommes que nous avons pu laisser en dépôt chez nos banquiers en prévision du remboursement prochain d'une partie des emprunts complémentaires que nous avons contractés lors de la construction de notre Hôtel.

Les comptes *Prix Henri Schneider* et *Amortissement de l'emprunt* n'appellent aucune observation.

Vous remarquerez, cette année, que nous avons ouvert un nouveau compte sous l'appellation *Remboursement de prêts*. Ce compte, dont la contre-partie existe également au *Passif*, a pour but de permettre de faire apparaître les sommes provenant des exonérations des Membres de la Société, en vue de les appliquer, par affectation spéciale, conformément aux Statuts, au remboursement de nos emprunts.

Les comptes *Bibliothèque* et *Immeuble* figurent pour les mêmes sommes que l'année dernière.

Nous avons, en effet, au cours de l'exercice, amorti entièrement toutes les dépenses que nous avons dû faire pour ces chapitres et qui ont été assez considérables.

Passif.

Les comptes *Créditeurs divers* sont un peu plus élevés en ce qui concerne les impressions et travaux en cours. Nous avons dû, en effet, au cours de l'exercice 1903, procéder à certains travaux relativement importants : modifications au calorifère, travaux d'amélioration au ventilateur, réparation de notre rideau de fer, etc., etc., travaux dont les mémoires sont actuellement en cours de règlement entre les mains de notre Architecte.

C'est en prévision du paiement de ces travaux que nous augmentons le compte *Créditeurs divers*.

Les comptes *Prix Henri Schneider* et *Emprunt* n'ont subi que les quelques modifications ordinaires dues à la réalisation des opérations qui les concernent au cours de l'exercice.

Les comptes *Tirage obligations 1902* et *Tirage obligations 1903* figurent pour les sommes restant et prévues pour le remboursement des obligations sorties et à sortir au tirage qui doit avoir lieu tout à l'heure.

Enfin les comptes *Coupons* et *Fonds de secours* n'appellent aucune observation.

En résumé, l'*Avoir* de notre Société est actuellement de 738 860,40 *f*, alors qu'au 1er décembre 1902 il était de 720 632, 75 *f*.

Il a donc augmenté, au cours de l'exercice, de 18227,65 *f*.

Cette augmentation est à peu près égale à la moyenne de nos augmentations annuelles depuis une certaine période : elle indique donc que notre situation n'est pas mauvaise, et ce d'autant plus que, comme nous l'avons dit au commencement, nous avons procédé, au cours de l'exercice, à certains amortissements de dépenses pour achat et réfection de matériel, travaux et fournitures d'entretien, etc.

Mais ce sur quoi j'appelle surtout l'attention des Membres de la Société, c'est sur la diminution du nombre des Membres admis. Chaque année, nous avons déjà, dans nos précédents rapports, signalé les causes auxquelles peut être attribuée cette diminution.

Ces causes semblent devoir se prolonger encore, augmentant ainsi nos difficultés de recruter de nouveaux Membres; il est donc de la plus grande importance que tous nos Collègues, chacun dans la sphère d'action qui peut lui être propre, veuillent bien faire tous leurs efforts pour nous amener de nouveaux adhérents.

Le nombre des Ingénieurs Civils sortant de nos différentes Écoles est considérable, et il serait de leur intérêt bien compris de venir à nous, car plus notre Société sera nombreuse, plus forte sera son influence et plus facilement elle pourra obtenir auprès des Pouvoirs Publics la place et la considération qui lui sont légitimement dues.

M. le Président demande si quelqu'un désire présenter des observations.

Personne ne demandant la parole, M. le Président met aux voix l'approbation des Comptes qui viennent d'être présentés.

Les Comptes sont approuvés à l'unanimité.

M. le Président dit qu'il est certain d'être l'interprète des Membres de la Société tout entière en remerciant chaleureusement M. le Trésorier pour les soins qu'il apporte dans la gestion de nos finances.

Grâce à son zèle et à son dévouement qui ne se ralentissent pas un instant, c'est à lui que nous devons reporter, pour la plus grande part, les bons résultats de nos exercices, malgré les difficultés financières et les charges que notre Société voit sans cesse s'accroitre.

M. le Président rappelle que, dans la présente Assemblée, il y a lieu de procéder, pour la seconde fois, au tirage de six obligations pour remboursement de l'emprunt de 1896.

Il demande à l'Assemblée de désigner, avec l'un des Secrétaires, deux scrutateurs pour procéder à ce tirage.

Sont désignés : MM. J.-M. Bel, Ch. Gallois et E. Biard.

Le tirage est effectué dans une salle contiguë.

M. le Président donne connaissance des numéros des bons de l'emprunt qui viennent de sortir, et qui seront remboursables à partir du 1er janvier 1904.

Ces numéros sont les suivants : 299, 602, 156, 724, 34, 275.

Puis il est procédé aux élections des Membres du Bureau et du Comité pour l'exercice 1904.

1364 suffrages ont été recueillis tant par correspondance que par vote en séance.

Les élections ont donné les résultats suivants :

Président : M. Couriot, H.

Vice-Président (devenant Président en 1905) : M. Coiseau, L.

Trésorier : M. de Chasseloup-Laubat, L.

Ire Section

Travaux publics et privés.

MM. Moreau, Aug.,	*Président.*
Groselier, J.	*Membre.*
Hersent, J.	—
Baudet, L.	—
Chagnaud, L.	—
Pettit, Ed.	—
Courtois, G.	—

IIe Section

Industrie des Transports.

MM. Pontzen, E.,	*Président.*
Koechlin, J.,	*Membre.*
Normand, Aug.	—
de Fréminville, Ch.	—
Chevalier, Henri	—
Ferré, A.	—
Whaley, G.	—

IIIe Section

Mécanique et ses applications.

MM. Richard, Gustave,	*Président.*
Brulé, H.	*Membre.*
Ribourt, L.	—
Soreau, R.	—
Joubert, L.	—
Masson, L.	—
de Gennes, A.	—

IVe Section

Mines et Métallurgie.

MM. Boudenoot, L.,	*Président.*
Bergeron, J.	*Membre.*
Gruner, Ed.	—
Baclé, L.	—
Gouvy, A.	—
Bel, J.-M.	—
Arbel, P.	—

Ve Section

Physique et Chimie industrielles.

MM. Cornuault, E.,	*Président.*
Gallois, Ch.	*Membre.*
Jannettaz, P.	—
Grouvelle, J.	—
Lencauchez, A.	—
Candlot, Ed.	—
Fouché, Ed.	—

VIe Section

Industries électriques.

MM. Hillairet, A.,	*Président.*
Hospitalier, Ed.	*Membre.*
Picou, R.-V.	—
Harlé, E.	—
Sartiaux, E.	—
Bochet, A.	—
Pinat, Ch.	—

La séance est levée à 2 heures du matin.

Le Secrétaire,
J.-M. Bel.

NOTE

SUR LES

NOUVELLES MACHINES FRIGORIFIQUES

A AFFINITÉ

PAR

M. J. HIGNETTE

L'industrie des machines frigorifiques, qui depuis quelques années était à peu près stationnaire dans ses procédés et n'avait guère réalisé de progrès vraiment saillant, passe actuellement par une phase très intéressante et qui n'est probablement que le prélude d'une véritable évolution dans cette industrie.

Les machines à affinité, ces anciens appareils qui étaient presque abandonnés, délaissés, en présence de leurs plus jeunes concurrents, les machines à compression, — lesquelles paraissaient offrir de plus grands avantages, — viennent de réapparaître, mais transformées, perfectionnées.

La Société des Glacières de Paris, à Grenelle, après avoir étudié la question et monté une de ces nouvelles machines à affinité, en a successivement installé quatre. L'importance de chacun de ces appareils est de 800 *kg* de glace à l'heure.

Donnons quelques explications sur cette question :

On sait que les machines destinées à la production du froid ou de la glace se divisent en deux groupes :

Les unes, dites *à affinité ou absorption*, fonctionnent au moyen d'une dissolution de gaz ammoniac dans de l'eau. On chauffe cette dissolution; le gaz s'en dégage, et, sous l'influence de ce dégagement continu et de la pression qu'il produit, l'ammoniaque gazeux va se liquéfier dans un récipient refroidi par un courant d'eau.

C'est la gazéification ultérieure de cet ammoniaque liquide qui produira le froid ou la glace.

Dans les autres machines, dites *à compression*, la liquéfaction du gaz n'est pas déterminée comme précédemment par l'action directe des molécules de gaz agissant les unes sur les autres

sous leur propre pression. C'est une pression mécanique extérieure, obtenue par un appareil dit compresseur, — lequel est actionné lui-même par un moteur, — qui produit cet effet.

A priori, il semble que les premières de ces machines, celles à affinité, devraient donner un rendement supérieur, — car la liquéfaction du gaz se produit sans intermédiaire, par l'action intime du gaz agissant sur lui-même pour se comprimer; — tandis que dans les secondes, il y a des pertes par suite de l'emploi des appareils intermédiaires. Le compresseur a un coefficient de rendement; le moteur qui l'actionne (à vapeur ou autre), en a un deuxième. Si on multiplie entre eux ces deux rendements, afin d'apprécier la perte, on voit que l'effet utile est diminué dans une proportion considérable.

Et, cependant, ce rendement supérieur des machines à affinité n'était pas obtenu.

C'est qu'il intervenait des causes de perte qui, jusqu'ici, n'avaient pu être évitées dans le fonctionnement.

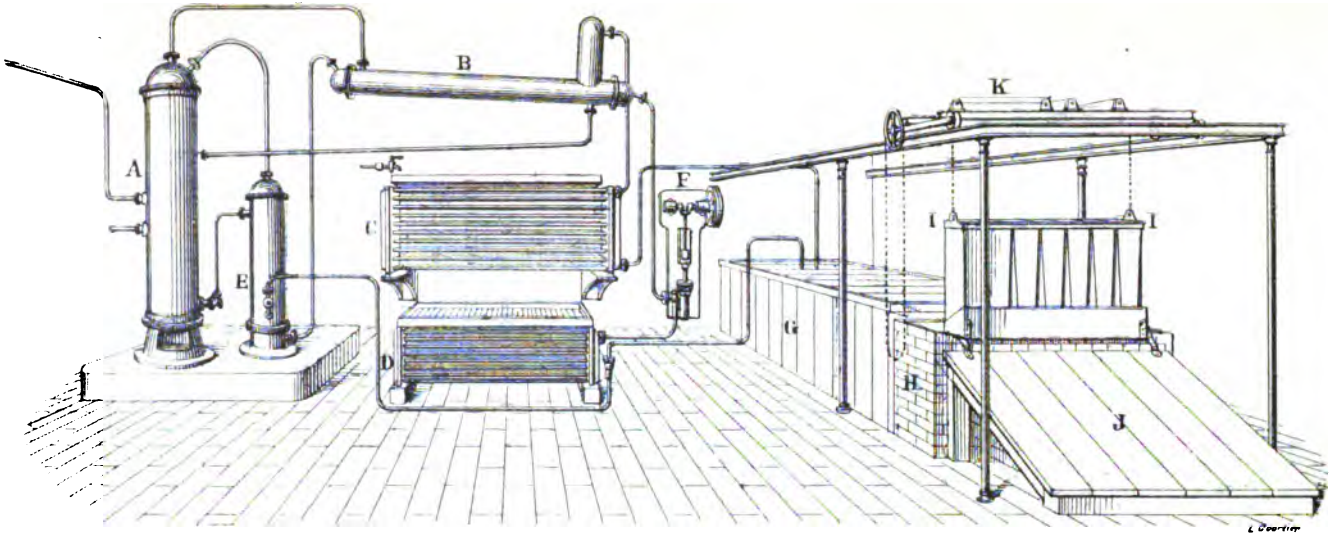
Et, d'abord quand on chauffe la solution ammoniacale, le gaz se dégage, ce qui est un effet utile. Mais il s'évapore de l'eau en même temps, — effet absolument inutile, — consommation inutile de charbon employé à cette évaporation. Mais ce n'est pas là le plus grave inconvénient.

Quand cette eau s'est évaporée, elle va se liquéfier aussi dans le récipient où le gaz se transforme en liquide; et alors, par suite de l'affinité considérable de l'eau pour l'ammoniaque, cette eau redissout le gaz. On défait ce qu'on a fait. On a dépensé du combustible pour faire dégager de la solution ammoniacale le gaz qui y était contenu, et on la laisse se reformer en partie un peu plus loin. C'est là un défaut considérable.

Les nouvelles machines à affinité remédient d'une façon absolue à cet inconvénient, au moyen d'un organe intermédiaire, dit *rectificateur*, qui empêche la déperdition causée par la vapeur d'eau de se produire; et, du coup, le rendement de la machine s'élève dans une proportion importante.

Mais il y a encore d'autres considérations dont il faut tenir compte :

Une fois que l'ammoniaque liquide a produit son effet utile en froid par sa transformation en gaz et sa détente, on le dirige vers un récipient appelé *régénérateur*, où arrive de son côté l'eau de la toute première solution, qui a été soumise à l'action de la chaleur et qui a perdu la plus grande partie de son gaz,



MACHINE FRIGORIFIQUE POUR LA FABRICATION DE LA GLACE (GRAND MODÈLE)

A Colonne à ammoniaque	F Pompe	I Palonnier pour enlever les mouleaux
B Rectificateur	G Réfrigérant contenant le liquide incongélable et les mouleaux	J Plan incliné pour le déchargement des mouleaux
C Condenseur ou liquéfacteur	H Cuve à eau chaude pour le démoulage	K Pont roulant
D Régénérateur		
E Vase échangeur		

solution appauvrie et qu'il s'agit d'enrichir à nouveau en lui faisant absorber le gaz détendu, de manière à recommencer une nouvelle opération.

L'absorption dans ces régénérateurs était jusqu'ici absolument défectueuse.

On l'obtenait dans un récipient unique où, par suite des remous, l'eau enrichie en gaz, — ou liquide riche, — était constamment mélangée avec le liquide pauvre arrivant dans l'appareil. Finalement, la teneur en gaz du liquide sortant du récipient, au lieu d'être ce qu'elle devrait être rationnellement, c'est-à-dire être la teneur correspondant à un liquide ayant absorbé la quantité maximum de gaz qu'il est susceptible de contenir, n'était qu'une moyenne entre cette teneur maximum et la teneur du liquide pauvre arrivant dans l'appareil.

En outre, les questions de température jouent également un rôle qui n'est pas négligeable. La quantité de gaz absorbée est d'autant plus élevée que la température est plus basse. Pour les mêmes raisons que précédemment, la température réalisée dans l'appareil n'était, à vrai dire, qu'une *moyenne*.

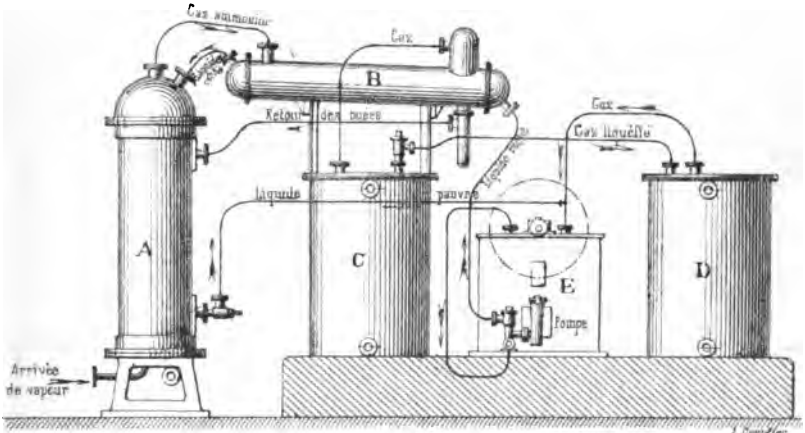
Ces derniers inconvénients ont été supprimés au moyen d'un nouveau régénérateur, dans lequel le liquide pauvre arrivant dans l'appareil y chemine lentement et s'enrichit de plus en plus par un contact rendu intime avec le gaz ammoniac, sans que jamais il y ait possibilité pour le liquide pauvre de venir altérer la teneur du liquide riche ainsi obtenu, en s'y mêlant d'une façon quelconque. Dans ce même régénérateur, la question de refroidissement a été entièrement résolue et il se produit un refroidissement qui est vraiment rationnel.

Telles sont, en résumé, les idées principales qui ont présidé à la réforme des nouvelles machines à affinité.

La justese de ces vues a été confirmée par les applications qui en ont été faites. En effet, les installations effectuées, et qui fonctionnent déjà depuis une période assez longue, ont montré par des constatations rigoureuses que le rendement de ces nouvelles machines dépasse facilement de 30 0/0 celui des meilleures machines de tout autre système connues jusqu'ici. C'est là un progrès sérieux, même considérable, et qui fait époque dans l'histoire des machines frigorifiques.

Les dispositions de principe qui ont été adoptées pour la construction du rectificateur et du régénérateur dans ces nouvelles machines à affinité dues à MM. Larrieu et Bernat sont les

suivantes : le premier de ces appareils se compose d'un faisceau de tubes dans lesquels est amené directement à sa sortie du régénérateur le liquide riche et froid qui est obtenu dans ce dernier. Ce liquide circule à l'intérieur des tubes. Le gaz ammoniac entraînant la vapeur d'eau passe au contraire à l'extérieur des tubes à sa sortie de la colonne dans laquelle est réchauffée la solution ammoniacale. Sous l'influence du refroidissement produit par la circulation du liquide riche, la vapeur contenue dans le gaz ammoniac se liquéfie et se dépose. L'appareil est conçu de façon que le refroidissement soit méthodique, c'est-à-dire que le gaz soit soumis à l'action de couches de liquide de plus en plus



MACHINE FRIGORIFIQUE (PETIT MODÈLE)

A Colonne avec serpentin de vapeur	D Réfrigérant contenant le liquide incongélable
B Rectificateur	E Régénérateur
C Condenseur ou liquéfacteur	

froides, — dont les parois des tubes le séparent, — au fur et à mesure qu'il se dépouille de sa vapeur. Les dimensions des surfaces refroidissantes ont été calculées de façon que, à la sortie du rectificateur, le gaz soit absolument sec. L'eau de condensation est ramenée à la partie inférieure de la colonne de chauffage.

Le régénérateur est disposé comme il suit : à l'extérieur de l'appareil, le gaz qui servira à enrichir le liquide pauvre arrive en même temps que ce dernier dans un seul tuyau qui les conduit au régénérateur proprement dit. Celui-ci se compose de séries de tubes horizontaux superposés et mandrinés sur deux

plaques tubulaires. Les plaques sont fermées par des portes munies de chicanes, de telle sorte que le liquide et le gaz pénétrant simultanément dans les tubes de la partie inférieure de l'appareil soient obligés de circuler dans chaque série horizontale avant de gagner la série supérieure. Chaque tuyau contient à l'intérieur un cloisonnement percé de trous de façon que l'eau et le gaz subissent un brassage énergique qui facilite l'absorption de ce dernier. Le refroidissement est obtenu par une circulation d'eau tombant en pluie de la partie supérieure de l'appareil. La solution qui débouche de l'appareil à la partie inférieure rencontre de l'eau de refroidissement de plus en plus froide et s'enrichit constamment dans sa marche ascensionnelle tout en restant complètement isolée pendant ce travail d'enrichissement. A son arrivée dans les rangées supérieures des tubes, l'absorption est complète.

Telles sont les dispositions de principe qui ont servi à la construction de ces organes.

ÉTUDE

SUR

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE ALLEMANDE

PAR

M. L. SEKUTOWICZ

LA CRISE DE 1901-2. — LES FUSIONS DE 1903. LES TENDANCES ACTUELLES.

L'attention du monde des affaires était vivement attirée, il y a cinq ans, par plusieurs économistes, sur l'essor industriel et commercial du peuple allemand.

Il fut de mode pendant quelques mois de décrire, avec ces auteurs, les magnifiques résultats obtenus par l'Allemagne dans toutes les branches de l'industrie et du commerce. Puis l'attention du public se détourna momentanément de ces questions; et ce fut sans bruit que les Sociétés allemandes continuèrent à classer leurs actions dans le portefeuille de l'épargne française et à inonder de leurs produits la plupart des marchés du monde.

Tout à coup survint, à la fin de l'année 1900, la catastrophe des banques hypothécaires de Prusse, puis celle de la Leipziger Bank, accompagnée d'autres secousses de moindre importance. Ces événements, plus ou moins inattendus, inaugurèrent une grave crise économique qui fit bientôt oublier la période prospère de 1900.

Parmi toutes les industries, la construction du matériel électrique, qui s'était signalée par un essor incroyablement rapide, fut aussi la plus gravement atteinte. On a même dit, non sans raison, que son évolution fut plus encore une cause qu'un effet de ces événements.

Enfin, après la faillite de la Société Kummer, après les secousses qui ont ébranlé la situation de trois autres Sociétés importantes, nous venons d'assister à des essais de consolidation très intéressants. La tendance moderne à la concentration de l'industrie entre un petit nombre d'entreprises de plus en plus puissantes s'est affirmée une fois de plus. Les quatre grandes Sociétés ont fusionné deux à deux reléguant les autres à l'arrière-plan et les

PRODUCTION COMPARÉE DES COMBUSTIBLES MINÉRAUX

(HOUILLE ET LIGNITES)

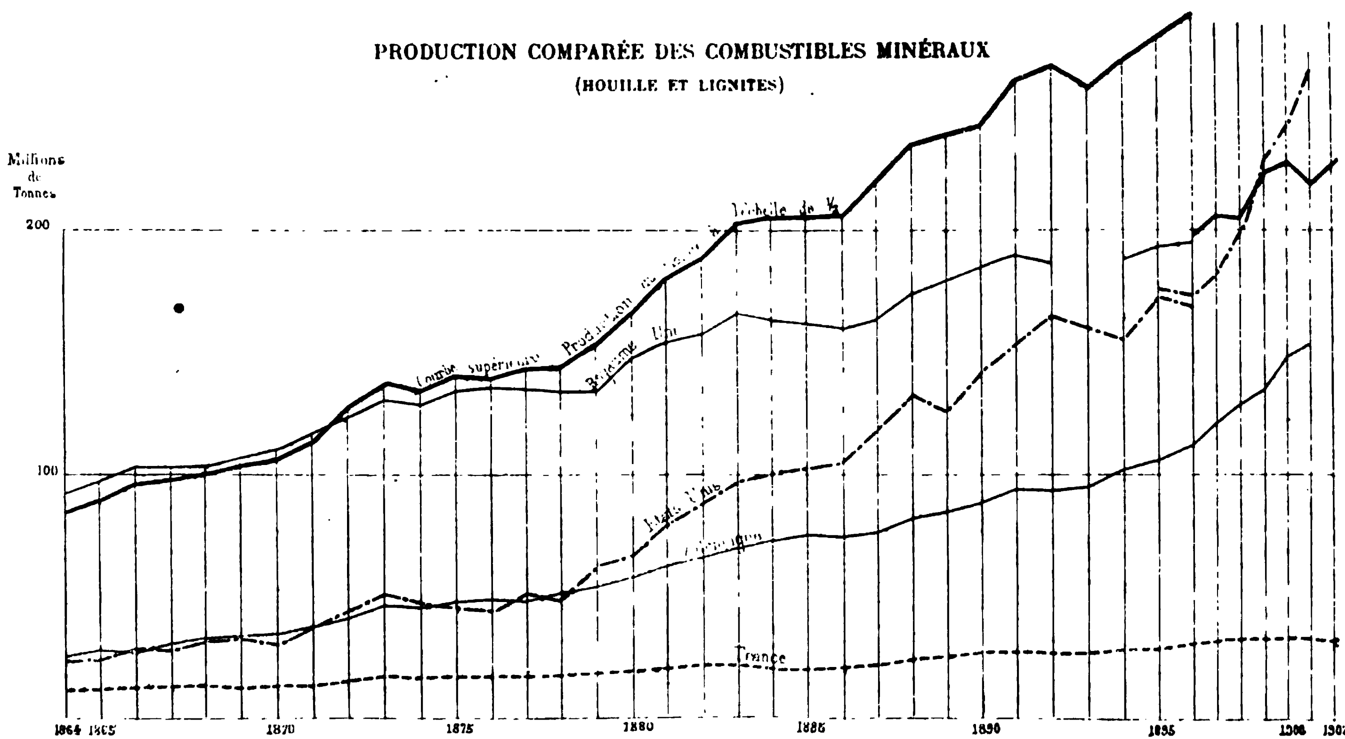


Diagramme n° 1.

voies sont toutes préparées pour la création d'un cartell ou d'un ring, sinon officiel, du moins suffisant pour permettre de régler les conditions du marché.

Ayant eu l'occasion de suivre depuis six ans l'évolution de cette industrie, je me propose d'esquisser rapidement son développement de 1890 à 1900 et ses difficultés industrielles et financières ultérieures puis d'étudier avec plus de détails les remèdes apportés à la situation en 1903.

Une visite récente des principaux ateliers de construction électrique de l'Allemagne m'a permis de recueillir une impression d'ensemble sur les tendances actuelles de cette industrie.

Je suis heureux de remercier ici notre Président, M. Bodin, des lettres d'introduction grâce auxquelles cette enquête a pu être menée à bonne fin.

MM. les consuls de Hambourg et de Leipzig m'ont fourni également une aide précieuse.

INTRODUCTION

C'est devenu un lieu commun que de célébrer l'essor de l'industrie allemande pendant la période écoulée de 1871 à 1900. Il suffit de jeter les yeux sur les diagrammes ci-joints *(nos 1 à 5)*

CONSOMMATION DE COTON BRUT POUR FILATURE

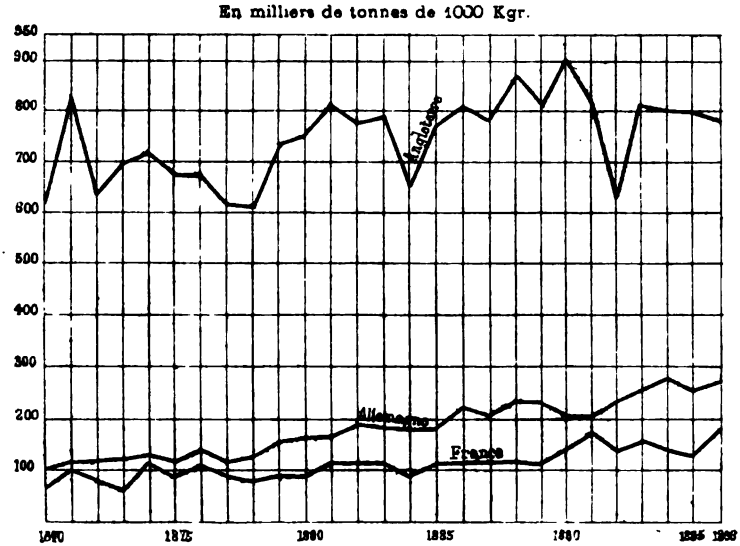


Diagramme n° 2.

CONSOMMATION DE LAINE BRUTE EN SUINT POUR FILATURE

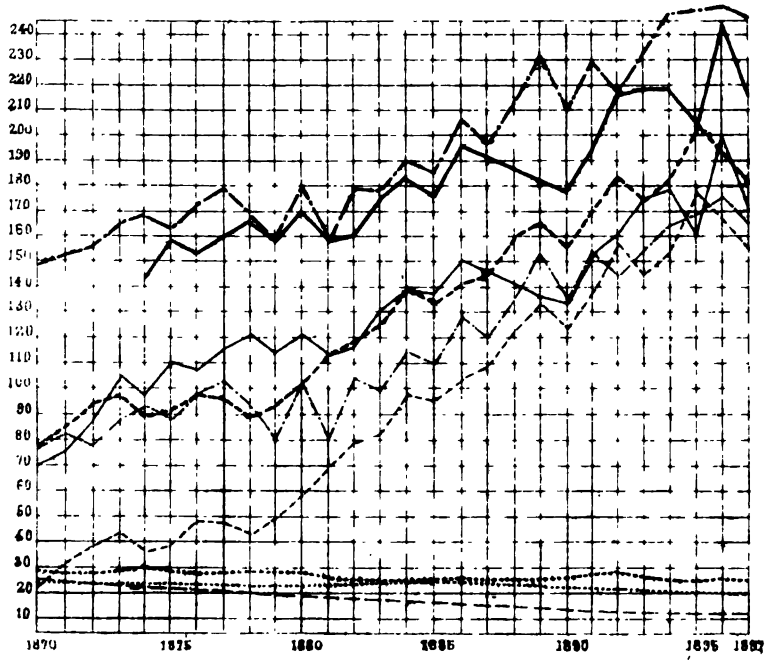


Diagramme nº 3.

pour se convaincre qu'il a été réellement beaucoup plus rapide que celui des autres grands pays industriels, à l'exception des États-Unis. Sa rapidité s'est particulièrement accrue de 1885 à 1900. Les constructeurs de matériel électrique ont donc trouvé un terrain admirablement préparé pour l'écoulement de leur fabrication, celle-ci fournissant à toutes les autres industries un outillage d'autant plus nécessaire que leurs progrès techniques sont plus rapides.

Il est indispensable de montrer dès à présent que ces progrès ne sont pas dus à des conditions naturelles favorisant nos con-

PRODUCTION COMPARÉE DU SUCRE

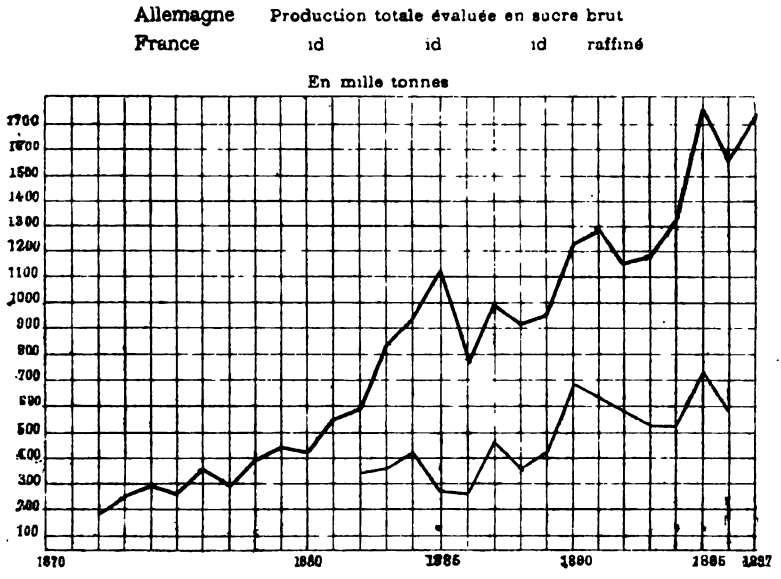


Diagramme n° 4.

currents d'Allemagne, ainsi que nous avons trop fréquemment tendance à le croire en France.

Le prix de vente du charbon sur le carreau des mines *(diagr. n° 6)* n'est pas plus élevé en France, le coke de hauts fourneaux est souvent moins cher en Meurthe-et-Moselle qu'en Lorraine annexée. Le prix de revient de la fonte n'est pas moindre en Allemagne. Le cours des métaux bruts sur le marché allemand n'est pas inférieur aux cours pratiqués sur les autres marchés. L'industrie électrique allemande tire de l'étranger la presque totalité de

ses matières premières : cuivre, caoutchouc, mica, coton, jute.

Les droits de douane établis en Allemagne, sur les demi-produits sont beaucoup moins élevés qu'en France, mais leur efficacité est égale ou supérieure à cause des cartells qui permettent seuls de donner au droit son efficacité pratique. Les doléances des industriels allemands qui emploient ces demi-produits

PRODUCTION DE LA BIÈRE EN ALLEMAGNE

EN MILLIERS D'HECTOLITRES

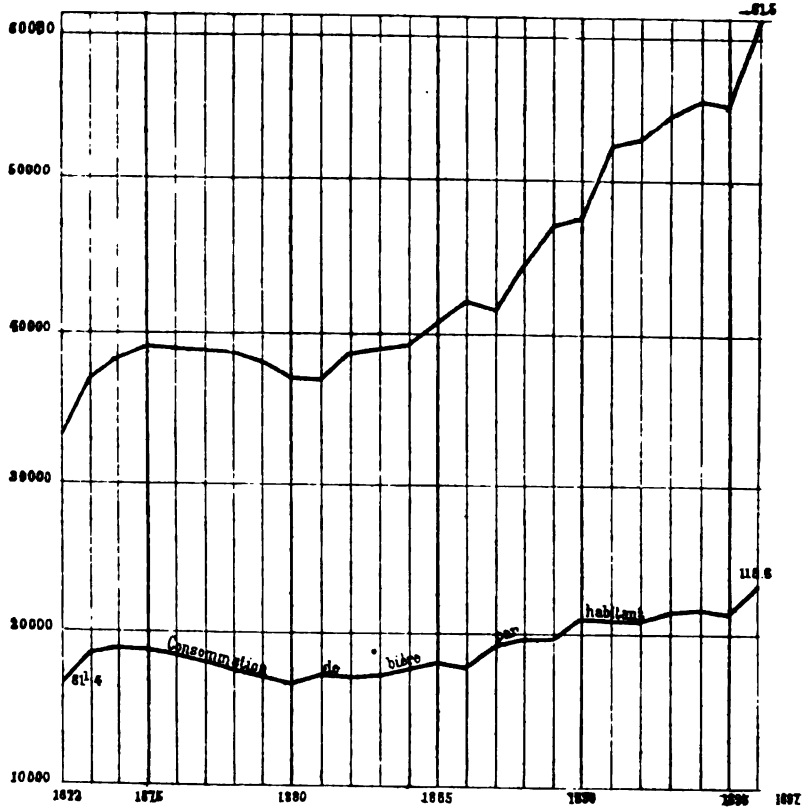


Diagramme n° 5.

comme matière première sont particulièrement vives depuis plusieurs années.

Les objets d'alimentation étant généralement plus chers en Allemagne, et la demande de main-d'œuvre surpassant l'offre *(diagr. n° 7)* surtout depuis dix ans, on doit s'attendre à ce que les salaires soient plus élevés qu'en France. C'est en fait ce que

PRODUCTION ET CONSOMMATION
DE LA HOUILLE : 1892-96
(Moyenne annuelle)

Millions de tonnes

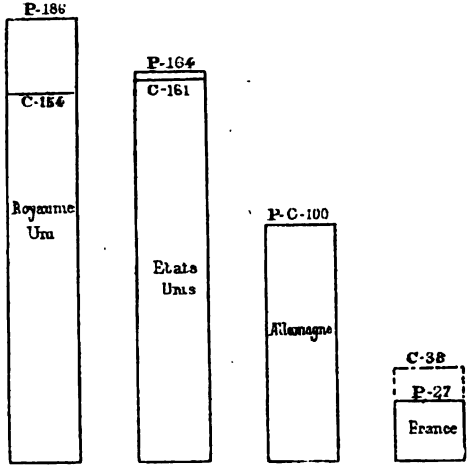


Diagramme n° 6.

DEVELOPPEMENT DU PERSONNEL
DES INDUSTRIES ALLEMANDES
d'après les 3 recensements de l'Empire

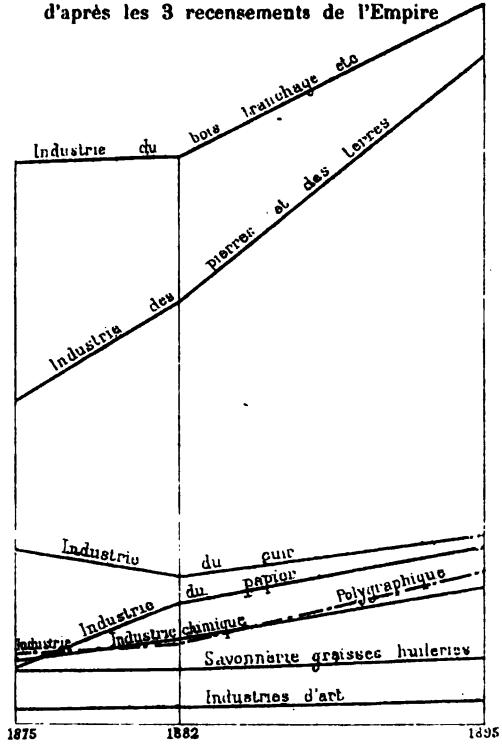


Diagramme n° 7.

l'on constate dans les charbonnages, les mines de fer et la métallurgie notamment *(diagr. n° 8)*.

Voici quelques indications concernant une grande fabrique de machines de Saxe (d'après M. Beck) (1).

	Monteurs.	Forgerons.	Tourneurs.	Serruriers.	Manœuvres.
	—	—	—	—	—
En 1895. . M.	4,50	4,70	4,10	3,90	3,30
En 1899. . M.	5,00	4,90	4,50	4,10	3,60

SALAIRE JOURNALIER MOYEN DES OUVRIERS MINEURS

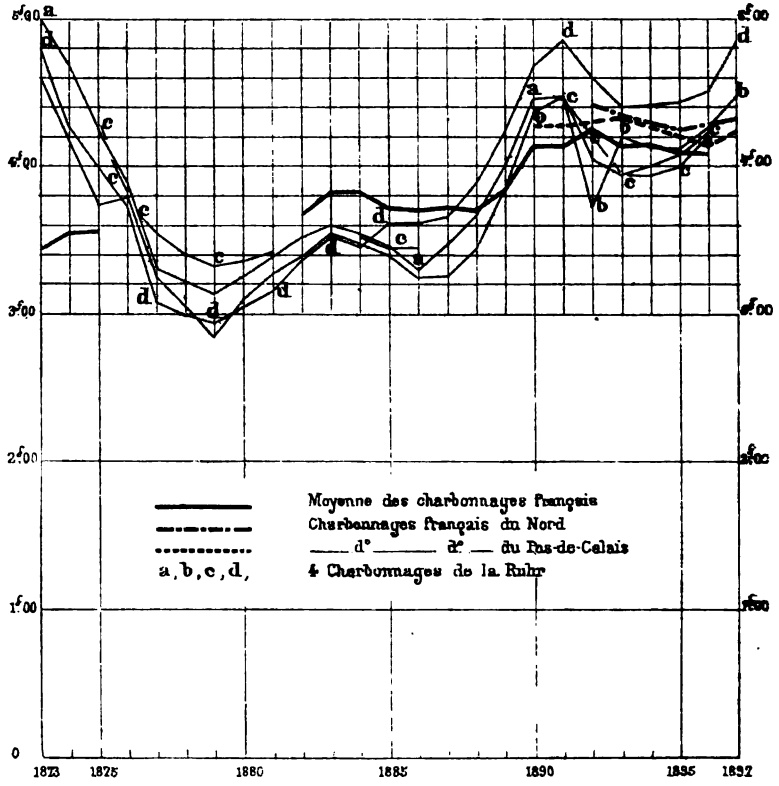


Diagramme n° 8.

Dans l'industrie électrique, le travail est payé aux pièces chaque fois que cela est possible. Il est, par suite, difficile de

(1) Une des principales fabriques de locomotives des environs de Berlin paie actuellement ses ouvriers, suivant les catégories, de 0,50 *f* à 0,80 *f* et 1 *f*.

comparer les salaires. Les meilleurs ouvriers gagnent actuellement à Berlin 1 *f* à 1,25 *f* l'heure. Dans une des usines les mieux dirigées, les bons tourneurs et ajusteurs gagnent de 1 *f* à 1,10 *f*, les serruriers et bobineurs de 0,75 *f* à 1 *f*, les manœuvres de 0,50 *f* à 0,70 *f*. Dans cette usine, le salaire moyen des hommes atteint 0,78 *f*, celui des femmes 0,32 *f*.

Dans une grande fabrique de câbles, on m'a indiqué 0,40 *f* comme salaire moyen des ouvrières et 0,65 *f* à 1,25 *f* pour les ouvriers (le plus souvent 0,90).

La journée de travail varie de huit à dix heures. Plusieurs ateliers ont trois postes de huit heures chacun. La main-d'œuvre peut représenter en gros et pour fixer les idées 20 0/0 du prix de revient des machines ou 20 à 25 0/0 du chiffre d'affaires total.

Les charges fiscales de l'industrie allemande sont lourdes, l'impôt est élevé (2), les caisses de retraite, de prévoyance et de maladie imposent aux industriels des charges spéciales à l'Allemagne. De leur côté, les sociétés n'hésitent pas à faire des dépenses sérieuses pour le bien-être de leurs ouvriers (réfectoires, vestiaires, lavabos, installations hygiéniques, etc.).

Les frais de transport ont été, surtout dans le passé, un peu moins onéreux pour l'industrie allemande et les tarifs sont en général mieux compris, mais la situation géographique des centres de production et de consommation, la disposition le développement et l'outillage du réseau ferré et du réseau fluvial n'accusent aucune différence sérieuse en faveur de l'Allemagne.

En résumé, il n'y a pas de causes naturelles indépendantes de la volonté des industriels, capables de favoriser les constructeurs allemands au point de vue du prix de revient. La perfection de l'outillage et la concentration de l'industrie expliquent seules cet écart quand il existe.

Quant aux débouchés, ils ont été grandement développés par l'augmentation de la population de l'Empire, qui a atteint 32 0/0 de 1872 à 1898. Cette augmentation est due, pour la plus grande partie à la classe ouvrière qui est la plus prolifique et l'essor de l'industrie stimule ainsi l'accroissement de la population. En même temps, le pouvoir d'achat individuel des habitants a presque doublé depuis trente ans *(diagr. nos 9 à 12)*.

Les exportations comparées pour la moyenne des années

(2) L'Allgemeine paie 800 000 marks d'impôts directs, soit 1,33 0/0 de son capital-actions.

TRAFIC-MARCHANDISES COMPARÉ

EN TONNES-KILOMÈTRES

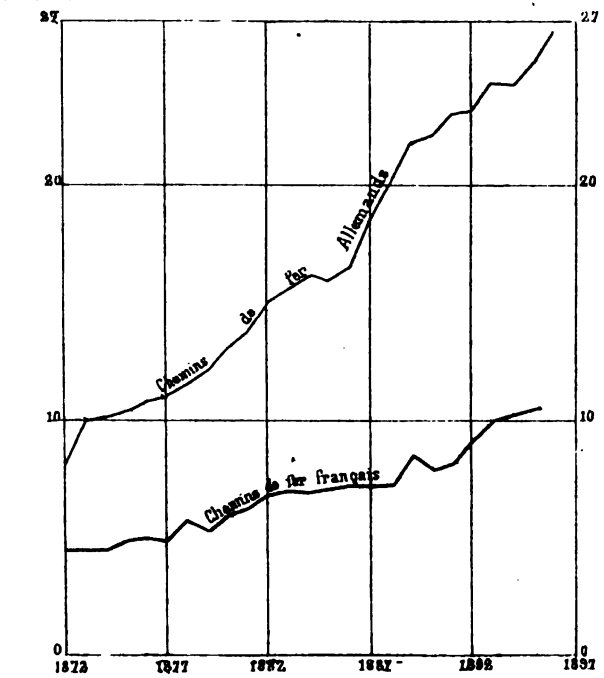


Diagramme nº 9.

COMMERCE EXTÉRIEUR DES MACHINES, APPAREILS, etc.

ALLEMAGNE

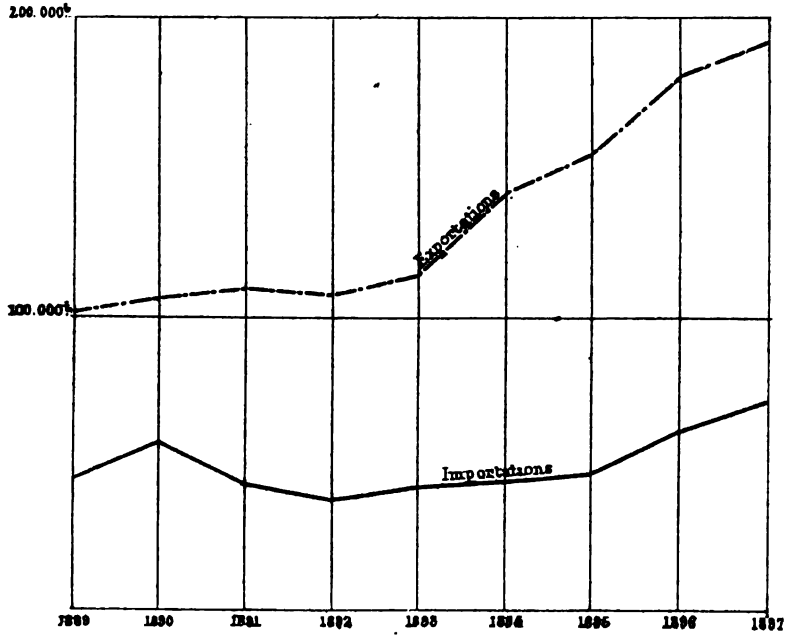


Diagramme nº 10.

1872-79 et 1888-97 accusent un développement de 40 0/0 en Allemagne, de 7 0/0 en Angleterre et une *diminution* de 3 0/0 en France.

Des débouchés croissants ne suffiraient cependant pas à assurer la prospérité de l'industrie si les prix de vente étaient laissés à la merci d'une concurrence aveugle.

Mais les cartells existent en Allemagne depuis vingt ans. Ils tirent parti des droits de douane, excluent toute concurrence

COMMERCE EXTÉRIEUR DES MACHINES

EN MILLIONS DE FRANCS

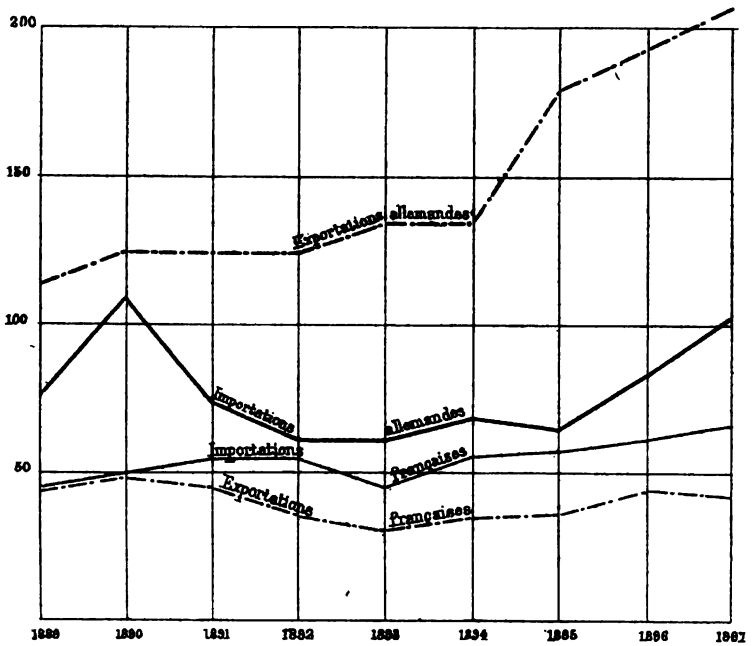


Diagramme n° 11.

étrangère à l'intérieur, et prélèvent sur le consommateur les bonis nécessaires pour compenser les sacrifices consentis sur les prix de vente à l'exportation. Cette politique, peut-être dangereuse pour l'avenir quand on l'exagère, comme le montre actuellement la crise sucrière, n'en a pas moins puissamment contribué, dans le passé, aux progrès que l'on vient de constater.

Le développement rapide des grandes villes et des cités industrielles (on en compte 33 possédant plus de 100 000 âmes) et l'ag-

glomération d'une population très dense dans les principaux districts industriels (Ruhr, Silésie, Saxe, Sarre, etc...), sont venus également créer de nouveaux besoins, dont l'industrie électrique a grandement profité (tramways, chemins de fer régionaux, stations centrales, etc...).

Il n'y a pas lieu d'insister ici sur l'influence des progrès de

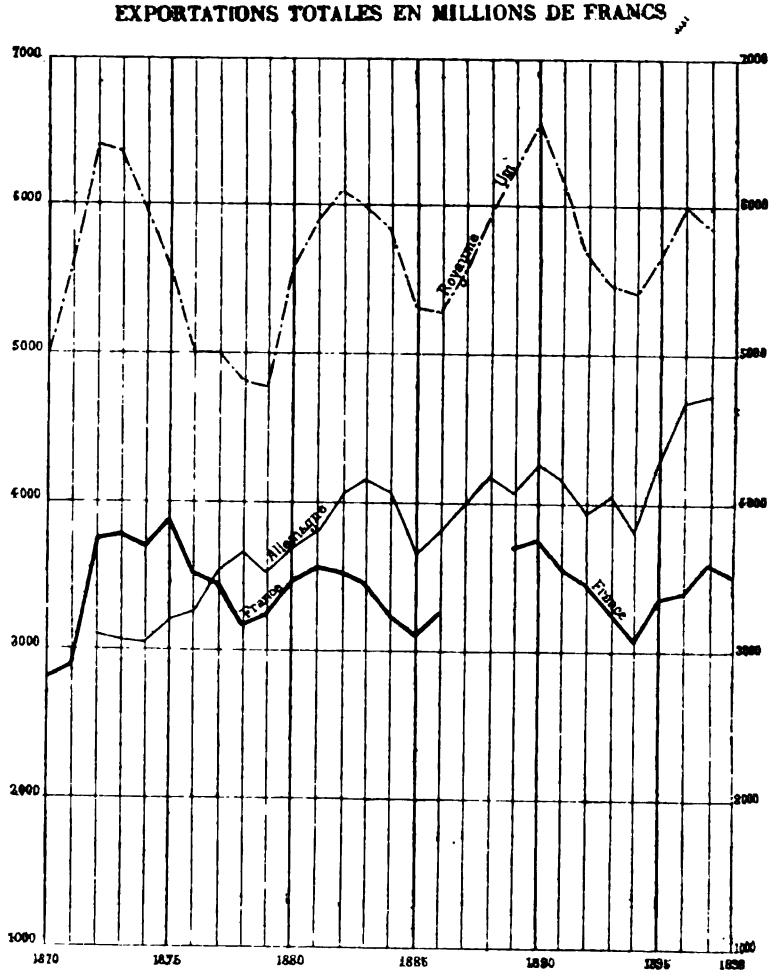


Diagramme n° 12.

l'instruction générale, technique et professionnelle, et de l'éducation progressive du capital. Nous ne ferons que mentionner aussi l'heureux effet de l'initiative des grandes banques, de l'es-

prit libéral des municipalités, et de la sollicitude éclairée de l'État. Ces facteurs de succès, bien connus, ont puissamment secondé l'initiative individuelle des industriels allemands et leur esprit d'offensive économique, conséquence directe de leurs succès politiques et militaires.

Tel est le cadre au milieu duquel a pris naissance et a grandi, surtout depuis douze ans, l'industrie électrique allemande.

CHAPITRE Ier

DÉVELOPPEMENT DE L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE DE 1890 A 1900.

§ 1. — Ateliers de construction de matériel électrique.

La construction du gros matériel électrique est concentrée, en Allemagne, entre les mains d'un petit nombre de producteurs. Sept sociétés anonymes, d'importance différente, mais gérées d'une manière analogue, se partagent la presque totalité de la production. Deux ou trois établissements de construction mécanique seulement ont joint à leur fabrication courante celle du matériel électrique, sur une échelle assez vaste pour mériter de retenir l'attention. Enfin, quelques constructeurs de province fabriquent des machines spéciales, mais ne présentent qu'une importance locale. En joignant à cette liste celle des fabriques d'accumulateurs, de câbles sous-marins ou autres, d'appareils télégraphiques et téléphoniques, et d'instruments de mesure, on aura sous les yeux l'état complet de cette industrie.

Examinons d'abord les sept grandes sociétés, en les classant par ordre d'ancienneté. La plus ancienne de toutes ces affaires, est la maison *Siemens et Halske* (1), qui remonte à 1845, mais n'a pris la forme de société anonyme qu'en 1897, plusieurs années après la mort de son fondateur, Werner Siemens.

Cette Société possède *à Berlin* un atelier affecté à la fabrication des appareils télégraphiques et téléphoniques (Markgrafenstrasse — 3 000 employés et ouvriers). A *Charlottenburg*, se trouve l'usine principale, comprenant l'atelier de construction de dynamos et des accessoires d'appareillage, la fabrique de lampes à incandescence et, jusqu'en 1899, la fabrique de câbles, soit 6 000 employés et ouvriers. Depuis quatre ans, la Société possède en

(1) Aujourd'hui « Siemens et Halske Aktiengesellschaft ».

outre, à Nonnendamm, sur la Sprée, une fabrique de câbles, avec fonderie de bronze, où l'on pensait transporter la fabrication des grosses machines, en portant le nombre des ouvriers à 6 000, et la puissance de la station centrale à 6 000 *ch.* Mais ce projet a dû être abandonné en 1902. Enfin, la Société Siemens possède deux usines en Autriche. L'une est un atelier de construction situé à Vienne (2 000 ouvriers), l'autre est une fabrique de câbles (Florisdorf). Les succursales russe, anglaise et italienne de la Société Siemens, possédent des ateliers, mais constituent des entreprises distinctes.

La Société Siemens et Halske construit le matériel électrique de toute nature, à la seule exception des accumulateurs. Elle a occupé jusqu'à 11 000 employés et ouvriers.

La Société *Schuckert* (1), dont les ateliers ont été créés en 1874, existe sous forme de Société anonyme depuis 1893. Son siège et ses usines sont à Nuremberg, où elle possède trois ateliers distincts, mais contigus. Elle exploite en outre, à Berlin, une fabrique beaucoup moins importante, achetée aux frères Naglo, en 1897.

Les succursales française, anglaise et autrichienne de la Société Schuckert forment des entreprises distinctes, possédant des ateliers.

La Société ne fabrique ni accumulateurs, ni lampes à incandescence, ni câbles, ni appareils télégraphiques ou téléphoniques. Elle a employé jusqu'à 8 000 employés et ouvriers.

L'*Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft* a été fondée en 1883, par M. Rathenau, pour l'exploitation en Europe des brevets Edison, et sa première entreprise a été celle de l'éclairage électrique de Berlin, mais elle s'est bornée d'abord à ne fabriquer que l'appareillage. Depuis 1894, le traité qui la liait à ce sujet à la Société Siemens a pris fin, et elle fabrique le matériel électrique de toute nature, à la seule exception des accumulateurs et des appareils télégraphiques et téléphoniques.

Elle possède à Berlin trois ateliers distincts, mais contigus, et à Oberschonweide, sur la Haute-Sprée, une fabrique de câbles occupant 4 000 ouvriers.

Cette Société a occupé en tout, jusqu'à 18 000 employés et ouvriers.

La Société *Elektricitäts Aktiengesellschaft Helios* (Cologne), est issue, en 1884, de la Société en commandite Berghausen et C^ie^, qui ne s'occupait d'abord que de lampes et d'appareils télé-

1) Eletricitäts Aktiengesellschaft, vormals Schuckert.

graphiques. Depuis, elle fabrique le matériel électrique de toute nature, sauf les accumulateurs, les lampes à incandescence, les câbles et les appareils télégraphiques et téléphoniques. Elle s'est surtout intéressée au matériel à courants alternatifs, et a occupé jusqu'à 1 500 employés et ouvriers.

La Société *Elektricitäts Aktiengesellschaft, vorsmals W. Lahmeyer*, a été créee, en 1892, à Francfort-sur-Mein, par l'Ingénieur Lahmeyer, qui faisait construire, depuis 1890, par la Société Collet et Engelhardt, les machines à courant continu de son système. Elle possède un seul atelier de 1000 à 1500 ouvriers, situé à Francfort.

L'*Union Elektricitäts Gesellschaft* a été fondée en 1892, pour exploiter les brevets Thomson-Houston en Allemagne et dans certains autres pays, mais elle s'est bornée, jusqu'en 1899, à faire construire ce matériel par les ateliers Lœwe, importante fabrique d'armes de guerre et de machines-outils, située à Berlin. Depuis 1899, la Société a acquis la propriété de la partie de ces ateliers qui travaillait pour son compte, et est ainsi devenue une Société de construction, occupant jusqu'à 2000 employés et ouvriers.

Fondée surtout en vue d'installer des réseaux de tramways, suivant le système de la General Electric Company, l'Union en est venue cependant à fabriquer les mêmes catégories de matériel que les deux Sociétés précédentes.

Enfin, la Société *Kummer*, tombée en faillite en 1901, avait été fondée à Dresde en 1894, pour continuer les affaires d'une Société en commandite.

La Société *Brown-Boveri et C^ie^*, de Baden (Suisse), a fondé, en 1900, à Mannheim, une succursale qui occupe actuellement 500 ouvriers, mais qui va recevoir un développement important.

La qualité et le genre de sa fabrication la placent sur le même rang que les grandes Sociétés étudiées plus haut, de sorte que le nombre total de ces établissements reste égal à sept, comme avant la chute de la Société Kummer.

Au total, les sept Sociétés que nous venons d'examiner occupaient, vers 1900, environ 45 000 employés et ouvriers, leur versaient 50 millions de salaires (1), et leurs ateliers s'étendaient sur 670 000 m^2. La moitié environ de cette surface est couverte de constructions.

(1) Aux États-Unis, les établissements similaires payaient 85 millions de marks de salaires à leurs ouvriers et 20 millions d'appointements aux employés, en 1900.

Situation géographique et conditions d'approvisionnement des ateliers.

Tous ces grands ateliers de construction sont situés dans des villes importantes : Berlin, Nuremberg, Francfort-sur-Mein. Les conditions d'approvisionnement en matières premières se trouvent ainsi sacrifiées aux conditions de recrutement du personnel d'élite dont on a besoin tant en fait d'employés que d'ouvriers. Les salaires sont naturellement plus élevés à Berlin, mais la différence est compensée en partie par l'habileté plus grande du personnel.

Les pièces de fonte moulée sont achetées chez des fondeurs locaux, aucune Société ne possédant de fonderie, mais, en général, les modèles sont faits dans les ateliers de construction et envoyés au fondeur, ce qui présente de nombreux avantages. Les moulages d'acier viennent de chez Krupp, de Kledno, etc. (L'usine tchèque Kolben, de Prague, possède, contrairement à ce qui a lieu en Allemagne, deux fours Martin et deux cubilots.) — Les tôles douces sont achetées dans la région de la Ruhr.

Par contre, toutes les Sociétés ont une fonderie de cuivre, bronze et laiton, et même d'aluminium. Le cuivre brut vient en général des États-Unis; on ne consomme que très peu de cuivre indigène. La fabrique de câbles de l'Allgemeine possède quatre trains de laminoirs : deux à tôles de laiton et deux à fils et profilés de cuivre, ainsi que de nombreux bancs d'étirage, une tréfilerie et trois métiers à tisser le fil de cuivre. — Les autres usines achètent leur fil de cuivre, mais Siemens et Schuckert le recouvrent de coton dans leurs propres ateliers. L'Allgemeine a une fabrique de caoutchouc, de micanite et d'ambroïne. A l'exception de Siemens, les autres Sociétés achètent ces isolants à des spécialistes.

Prix des matières premières a Berlin, en francs, par 100 *kg*.

	Fin 1897.	Début de 1899.
Acier coulé en pièces de 50 à 100 *kg*.	54 à 58	59 à 62
Fonte moulée	25 à 30	31 à 56
Tôle douce de 1 *mm*	27 à 30	32,5 à 35
Barres de cuivre.	170 à 185	225 à 230
Fil de cuivre recouvert, de 1 à 2 *mm*.	188	242 à 250

Organisation générale.

L'organisation administrative des Sociétés de construction présente une importance considérable à cause du grand nombre des employés (2 à 3 000 dans les principales Sociétés) nécessité par l'étude technique et financière des installations, le service commercial des filiales et des bureaux d'installation, etc.

En général, l'administration est divisée en deux grandes sections : la *Verkehrsabtheilung* ou section économique, qui réunit la direction commerciale et financière et le service d'étude des projets et la *Werkstättabtheilung*, ou section des ateliers, qui comprend les services techniques de recherche et d'exécution. Cette dernière est tantôt dirigée par le principal technicien de la Société, tantôt par une personnalité d'un caractère administratif. Elle comprend la direction technique, le service des ateliers et la direction des achats. La section commerciale réunit, dans ses attributions, le service des projets et installations, le service des ventes, la comptabilité générale, le service de la représentation et des succursales.

Ordinairement le directeur général est un homme d'affaires, un Commerzienrath, un peu technicien et possédant une sérieuse compétence en matière financière. Pendant la période de prospérité que nous étudions, l'Allgemeine et la Société Schuckert étaient dirigées respectivement par MM. Rathenau et Wacker.

Les frais généraux sont très élevés à cause de l'importance du personnel administratif, des installations luxueuses de tous les services, des frais de réclame considérables, et surtout à cause des nombreux bureaux d'installation et de vente répandus dans toutes les parties du monde. Enfin, ces grandes entreprises, qui ont à traiter avec des États et des municipalités, ont à rémunérer des concours de nature très diverse, sans compter les frais de voyage, d'études et de recherches scientifiques. Les frais d'acquisition de brevets forment un chapitre à part.

La Société Schuckert arrive ainsi à dépenser 2 millions et demi de frais généraux, Siemens et l'Union 1 million. Des Sociétés de moindre importance, comme Lahmeyer et Helios, arrivent respectivement à 2 et 1 million, c'est-à-dire à un chiffre plus élevé que celui des dividendes.

La vente du matériel courant se fait par l'entremise des commerçants et des installateurs, mais aussi, et sur une échelle de

plus en plus grande, par les succursales des Sociétés. Celles-ci concurrencent donc leurs propres clients et même pour la vente des accessoires d'appareillage de luxe, d'une façon qui a été vivement critiquée.

A l'exportation, le matériel qui ne peut pas être expédié directement d'Allemagne à cause des droits de douane, est souvent

DÉVELOPPEMENT DU CAPITAL INVESTI
DANS LES 7 PRINCIPALES SOCIÉTÉS DE CONSTRUCTION ALLEMANDES
de matériel électrique

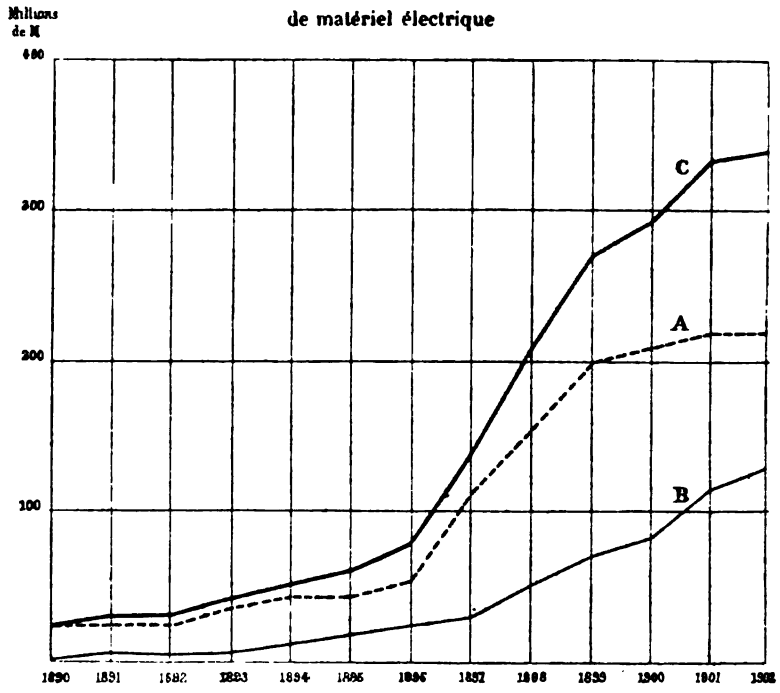


Diagramme n° 13.

expédié par pièces et remonté sur place par des constructeurs locaux.

Dans les pays plus importants, les Sociétés allemandes n'ont pas hésité à créer des entreprises filiales de construction. L'Allgemeine, Siemens et Schuckert en possèdent en Angleterre, à Saint-Pétersbourg et à Vienne. La Société Schuckert en a une en France. Ce système a été critiqué, non sans raison, car les Sociétés allemandes se concurrencent ainsi elles-mêmes.

Mais il n'était pas facile, pour elles, d'échapper aux droits de

douane, vu que la vente du gros matériel, à l'exception des câbles et des accumulateurs, n'a jamais pu donner lieu à un cartell véritable.

Capital-Actions. — Obligations.

Le graphique n° 13 montre l'augmentation du capital investi dans les sept grandes Sociétés de construction (Courbe A. Actions B. Obligations C. Total).

En moyenne, les augmentations de capital se sont faites avec un agio de 50 0/0 (la Société Schuckert a pu émettre, à un moment donné, et en plusieurs fois, 24 millions à 210 0/0 du pair).

Nous laisserons de côté l'agio. La valeur nominale des actions et obligations réunies est passée ainsi de 25 millions de marks en 1886 à 100 millions en 1896 et 300 millions en 1901. On peut rapprocher de ces chiffres le capital de la Westinghouse Electric Company de Pittsburg (25 millions de dollars).

Le tableau suivant donne un bilan résumé et global des sept Sociétés de construction allemandes en 1900.

Capital investi dans les sept grandes Sociétés de construction (millions de marks).

ANNÉES	ACTIONS	OBLIGATIONS	TOTAL
1890	22,2	0	22,2
1891	22,2	5	27,2
1892	24,2	5	29,2
1893	37,4	5	42,4
1894	42,3	11	53,3
1895	47,3	17,2	59,5
1896	54,5	22,7	77,2
1897	112,0	27,7	139,7
1898	154,5	52,5	207,0
1899	197,0	72,5	269,5
1900	210,5	82,5	293,0
1901	220,5	116,0	336,5
1902	220,5	127,8	338,3

Production et chiffre d'affaires. — Débouchés.

En 1900, le chiffre total d'affaires de ces sept Sociétés paraît avoir dépassé 300 millions d'après les indications fournies par elles (1). A la même époque, la Westinghouse et la General Electric Company accusaient ensemble un chiffre d'affaires de 170 millions de marks, et les statistiques américaines indiquaient comme valeur globale de la production du matériel électrique de toute nature aux États-Unis, 380 millions de marks.

La puissance totale des stations centrales créées par les Sociétés allemandes jusqu'en 1900 paraît avoir atteint de 500 000 à 600 000 kilowatts, dont la moitié à l'étranger, et celle des stations privées et des blockstations, en Allemagne seulement, 200 000 kilowatts.

A la date de juin 1899, ces Sociétés avaient installé 3 800 *km* de voies de tramways et 9 000 voitures motrices dont 40 0/0 et 32 0/0 respectivement à l'étranger.

On ne peut pas donner de renseignements précis sur la vente du matériel courant tant en Allemagne qu'à l'étranger.

Les statistiques douanières nous fournissent seulement les renseignements suivants :

VALEURS EN MILLIERS DE MARKS ZOLLVEREIN ALLEMAND		1900	1901	1902
Machines électriques	Importation.	6 525	3 490	2 275
	Exportation.	23 252	19 935	21 520
Appareils télégraphiques et téléphoniques	Importation.	263	180	113
	Exportation.	6 425	4 686	3 006
Câbles télégraphiques seulement	Importation.	60	134	488
	Exportation.	20 077	20 123	18 106

La France a importé au total, en 1901, pour 7 313 000 *f* de machines électriques (dont les deux tiers venant de Suisse), et exporté pour 4 246 000 *f* (pour la plus grande partie vers l'Espagne), c'est-à-dire cinq à six fois moins que l'Allemagne.

Voici, d'ailleurs, une comparaison sommaire en ce qui concerne les machines dynamo-électriques seulement :

(1) Y compris les livraisons à leurs filiales.

Importations comparées en tonnes de machines électriques.

PAYS D'ORIGINE	EN FRANCE 1901	DANS LE ZOLLVEREIN ALLEMAND		
		1900	1901	1902
Autriche-Hongrie	(?)	2 082	724	333
Suisse	2 088	977	599	518
Allemagne (ou France)	435	128	(?)	(?)
États-Unis	244	343 (1)	(?)	(?)
Belgique	82	461	(?)	(?)
Angleterre	23	239	(?)	(?)
TOTAL y compris les autres origines (1).	»	4 350	1 181	1 434

(1) Auxquelles il faut ajouter probablement 317 *t* importées par Hambourg sans désignation d'origine.

Exportations allemandes de machines électriques.

PAYS DE DESTINATION	POIDS EN TONNES			VALEUR EN 1 000 MARKS		
	1900	1901	1902	1900	1901	1901
Belgique	608	699	972	1 095	1 118	1 555
France	1 061	242	240	1 909	387	384
Angleterre	958	1 512	4 667	1 725	2 419	7 467
Italie	1 829	1 650	1 076	3 292	2 639	1 721
Pays-Bas	373	478	417	671	765	667
Autriche-Hongrie	1 197	1 122	548	2 154	1 795	877
Russie	3 078	2 650	1 406	5 538	4 240	2 249
Suède	401	389	330	722	622	688
Suisse	430	354	285	773	566	459
Espagne	763	972	837	1 373	1 554	1 339
TOTAUX	12 913	12 460	13 450	23 252	19 935	21 520

ENTREPRISES FINANCIÈRES.

Les affaires financières tiennent une place importante dans l'exploitation des grandes Sociétés. Le quart de leur actif total

est engagé dans le portefeuille et les diverses participations financières de ces entreprises (1).

Chacune des grandes Sociétés est soutenue par un consortium de banques qui s'engage à prendre ferme les actions nouvelles à émettre, et qui ouvre à la Société les crédits nécessaires à son fonctionnement. Comme les principales banques de l'Empire figurent à la fois dans plusieurs consortiums différents, il existe entre les grandes Sociétés des liens de parenté capables d'atténuer considérablement la vivacité de la concurrence qu'elles se font entre elles.

Aussi, bien qu'il n'ait existé de cartell, dans cette industrie, que pour les câbles, les accumulateurs et les lampes à incandescence, les Sociétés ont pu éviter, pendant les bonnes années, de se combattre mutuellement dans la zone d'influence qu'elles se reconnaissent réciproquement. Pour l'exportation, on est allé jusqu'à l'entente directe au sujet de certains produits fabriqués ou de certaines entreprises à créer à l'étranger.

Avec l'appui de leur consortium, les Sociétés ont commencé à créer, en 1894, des Sociétés d'entreprises que nous examinerons tout à l'heure. Chacune possède la sienne qui joue le rôle d'une sorte de banque industrielle d'émission chargée de lancer les affaires locales. La Société d'entreprises recherche et obtient les concessions, fait construire pour son compte et commence l'exploitation, puis elle crée une Société locale dont les titres seront écoulés dans le public au moment favorable. Pendant la période prospère, on a usé des cours élevés auxquels les actions des Sociétés d'entreprises ont pu monter, pour bénéficier d'un double agio. A chaque création nouvelle, la Société d'entreprises élevait son capital avec prime, puis, quelques années après, elle écoulait au-dessus du pair les titres de la Société locale fondée par elle.

En 1898, les Sociétés de construction se sont mises à racheter leurs Sociétés d'entreprises ou à fusionner avec elles.

Il n'est pas possible de citer, ici même, les principales entreprises exécutées à l'étranger. Leur seule énumération prendrait plusieurs pages. On peut dire, en un mot, qu'il en a été créé dans tous les pays du monde, à l'exception seulement des États-Unis.

(1) D'après les comptes fournis par l'Allgemeine, le bénéfice brut rapporté à l'actif engagé dans ces affaires aurait été à peu près le même que le bénéfice brut de source industrielle rapporté à l'actif industriel (ateliers et fonds de roulement). Le portefeuille aurait donné en 1899-1900 un revenu moyen de 6 à 7 0/0 et le total des comptes portant intérêt aurait donné 4 0/0.

La France et l'Angleterre n'ont pas pu se préserver de cette invasion, qui a pris un caractère particulier dans les régions sur lesquelles l'Allemagne étend ses ambitieuses visées politiques : l'Autriche-Hongrie, les pays des Balkans et l'Asie Mineure.

Résultats de l'exploitation.

Le chiffre d'affaires des grandes Sociétés de construction est voisin du montant total du capital-actions et des obligations. Il en est de même aux États-Unis.

Dans ces conditions, et pendant les bonnes années, le bénéfice net, déduction faite des intérêts mais non des amortissements, atteignait 12 0/0 du chiffre d'affaires.

EXERCICE	1896/7	1897/8	1898/9	1899/00	1900/1	1901/2	1902/3
Bénéfices avant prélèvement des amortissements	19,7	24,2	32,2	38,0	28,6	7,1	»
Capital-actions	96	118	153	196	210	220	»
Bénéfice °/₀ du capital-actions.	20,5	20,5	21	19,4	13,6	3,2	»

On consacre aux amortissements une part des bénéfices ci-dessus qui a varié du quart au cinquième pendant les bonnes années et a représenté, en 1900, 7 millions pour 96 millions de comptes amortissables. On a distribué, comme dividendes, 50 à 60 0/0, des bénéfices calculés ci-dessus et, comme tantièmes et gratifications, 10 à 15 0/0, de sorte que les 10 à 12 0/0 restants ont été versés aux réserves.

Le dividende moyen a été de 13,8 0/0 en 1900, le taux de capitalisation de 6 à 7 0/0. A cette date, l'actif net des sept Sociétés réunies, d'après leurs bilans, représentait 155 0/0 du capital social, mais les actions étaient cotées à 174 0/0 du pair, soit au moins 12 0/0 de trop.

Sociétés d'entreprises.

Les Sociétés d'entreprises électriques dépendant des sept Sociétés de construction sont au nombre de huit, mais trois d'entre elles ont été complètement absorbées par la Société de

BILAN global des sept principales Sociétés de construction vers 1899-1900.

ACTIF	MILLIONS de MARKS	SOIT 0/0	PASSIF	MILLIONS de MARKS	SOIT 0/0
Ateliers	88,4	18,1	Capital actions	211,4	43,0
Stations centrales	7,4	1,4	Obligations	70,4	14,2
Portefeuille et participations	116,7	24,0	Hypothèques	3,6	0,7
Fonds de roulement	275,4	56,5	Créditeurs divers	108,2	22,0
			Réserves (agio et bénéfices non distribués)	94,3	19,2
TOTAL	487,9	100,0	TOTAL	487,9	100,0

construction correspondante et, parmi les cinq existantes, plusieurs ont en portefeuille des titres de la Société mère ou réciproquement (1).

Sous cette réserve, on voit que 245 millions au total sont engagés dans ces affaires. Ce chiffre est à rapprocher des 300 millions de marks engagés à la même date dans les Sociétés mères.

D'après les bilans établis en 1899-1900, la vraie valeur de l'action ne dépassait pas 75 0/0 du pair, tandis que les actions étaient cotées à Berlin entre 100 et 150 0/0 du pair (2).

Il y avait donc une inflation dangereuse du capital de ces affaires. On verra, en effet, que ce sont elles qui ont occasionné les pertes des Sociétés de construction.

En 1899-1900, ces Sociétés distribuaient de 0 à 8 0/0 de dividende, en moyenne 6,5 0/0 environ.

Sociétés de construction d'importance secondaire.

Les sept principales Sociétés de construction que l'on vient d'étudier ne sont pas seules à fabriquer le gros matériel électrique (dynamos, moteurs et transformateurs), mais elles fournissent sûrement plus des trois quarts de la production allemande et règlent complètement la situation du marché.

Quelques ateliers de construction mécanique se sont créé une position distinguée dans l'industrie électrique par la qualité de leur fabrication. On peut citer la « Berliner Maschinenbau A. G. vorm. Schwartzkoppf », qui fabrique du matériel de chemins de fer et des torpilles, et occupe 2 300 ouvriers. Cette Société construit des dynamos, moteurs et transformateurs réputés.

La Société Kœrting, de Hanovre, avait suivi la même voie, mais elle a repassé son atelier de construction électrique à l'Allgemeine, et ses stations centrales à une Société spéciale « Kœrting'sche Electricitätsverke » au capital de 3 millions.

(1) En 1900, le capital-actions de ces cinq dernières s'élevait à 63 millions de marks et les obligations à 48 millions, au total 111 millions, tandis que les trois premières ont un capital-actions de 140 millions et un capital-obligations de 22 millions.

(2) Les huit Sociétés d'entreprises réunies présentaient la situation financière suivante :

Excédent du fonds de roulement sur le passif exigible.	21 millions.
Portefeuille et actif industriel.	159 —
Total.	180 millions.
Total des actions et obligations	220 —

Après paiement des obligations, 120 millions resteraient disponibles pour rembourser 160 millions de capital-actions.

D'autre part, différentes villes de province possèdent des ateliers de construction électrique fabriquant des dynamos. Il existe onze Sociétés de ce genre fondées entre 1898 et 1901, représentant au total un capital de 23 millions de marks et, en général, trop jeunes pour avoir pu distribuer des dividendes.

Il n'existe que très peu d'industriels isolés se livrant à cette fabrication. Presque toutes les affaires privées se sont transformées en Sociétés anonymes pendant que la chose était encore possible, c'est-à-dire avant 1901.

Spécialités

Il existait en 1900 huit Sociétés construisant des accumulateurs. Cinq d'entre elles seulement subsistent à l'heure actuelle et représentent un capital de 16 millions de marks.

Chiffre d'affaires de l'Akkumulatorenfabrik A. G. Hagen.

1897-1898	8 572	1900-1901	9 100
1898-1899	9 059	1901	5 610 (6 mois)
1899-1900	9 696	1902	7 184

Puissance totale en kilowatts vendus.

Années.	Hagen.	Pollack.	Années.	Hagen.	Pollack.
1892	4 200	73	1896	6 700	1 710
1893	4 100	172	1897	11 100	2 123
1894	4 850	536	1898	15 200	4 310
1895	6 800	1 066	1899	22 800	6 450

Les fabriques de câbles sont au nombre de dix. Presque toutes ont pris la forme de Société anonyme entre 1896 et 1899. Leur capital total atteint 57 millions de marks (dont 36 millions pour la plus importante d'entre elles, la Société *Felten et Guillaume Carlswerk A. G.*, de Mülheim, fondée en 1899 et qui a donné 10 0/0 de dividende en 1899 et 1900 et 0 en 1901 et 1902. Les autres Sociétés ont donné de 5 à 8 0/0 pendant la crise et 0 depuis).

Enfin il existe sept Sociétés anonymes fabriquant des appareils télégraphiques et téléphoniques et des instruments de mesure. Leur capital représente 15 millions de marks et elles ont distribué de 7 à 15 0/0 de dividende vers 1900. La plupart d'entre elles n'ont rien distribué en 1902.

§ 2. — Sociétés d'éclairage et de distribution d'énergie électrique. Tramways électriques.

Le développement des applications industrielles de l'énergie électrique n'a pas été moins rapide en Allemagne, de 1890 à 1900, que celui de la construction du gros matériel.

STATIONS CENTRALES PUBLIQUES D'ÉCLAIRAGE ET DE FORCE (Allemagne)

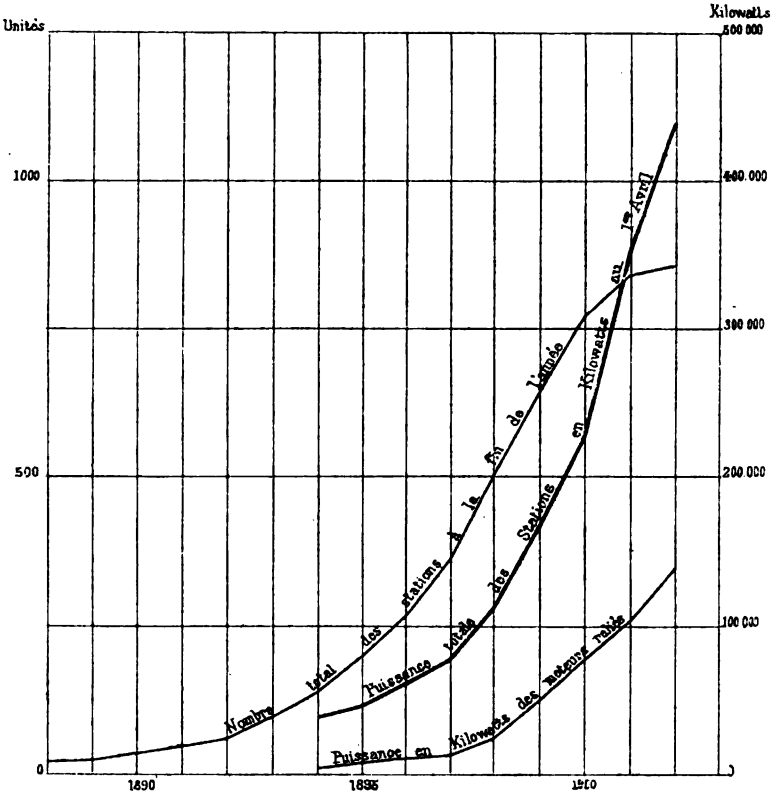


Diagramme n° 14.

Examinons d'abord les *stations centrales* d'éclairage et de distribution d'énergie *(diagr. n° 14)*.

La puissance totale de ces stations était la suivante d'après les dernières statistiques :

Angleterre (1er janvier 1901)	292 000 kilowatts.
Allemagne (1er avril 1902).	440 000 —
États-Unis (1er janvier 1902)	1 300 000 —

Pour l'Allemagne, les chiffres publiés chaque année par l'*Electrotechnische Zeitschrift*, et résumés dans le tableau suivant, se

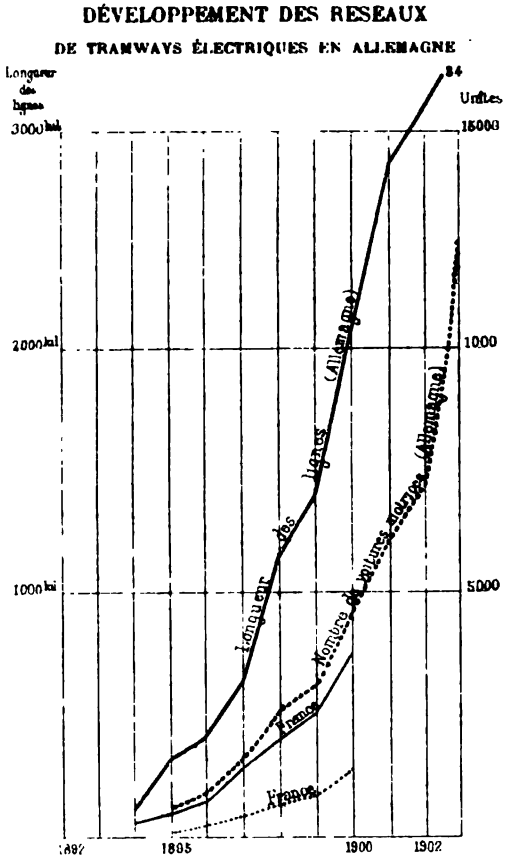


Diagramme n° 15.

rapportent aux seules entreprises utilisant la voie publique pour la pose de leurs canalisations, à l'exclusion des blockstations, des stations privées ne vendant pas d'énergie à des tiers, et du plus grand nombre des stations de tramways.

On peut estimer la puissance totale des stations ainsi exclues du tableau suivant à un chiffre au moins égal à celui porté au tableau.

La graphique n° 15 indique le développement des réseaux de *tramways*. Pendant la période prospère écoulée, de 1898 à 1900, les tramways de Berlin donnaient 18 0/0 de dividende et les autres Sociétés de 3 à 6 0/0. Leurs titres étaient cotés 200 0/0. Ces Sociétés réunies ont encaissé 100 millions de marks de recettes brutes en 1902. Elles possèdent les trois quarts des réseaux allemands. La crise les a moins frappées que les Sociétés

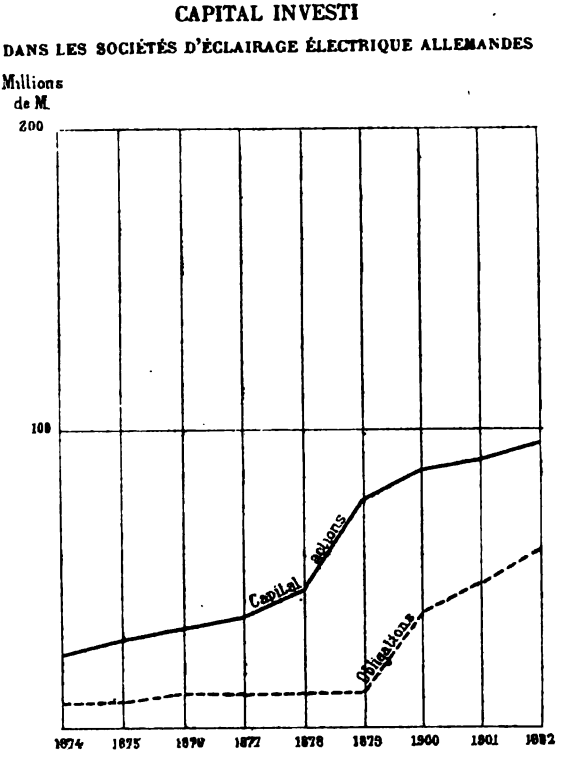


Diagramme n° 16.

de construction, mais il ne reste pour ainsi dire plus de villes capables de posséder un réseau et qui en soient encore dépourvues. Le capital engagé dans les Sociétés de tramways est très supérieur à celui des Sociétés d'éclairage. Dès 1898, il dépassait 132 millions de marks pour les actions et 64 pour les obligations.

Tel était dans ses grandes lignes le développement des principales applications de l'énergie électrique en Allemagne à la veille de la crise que nous allons étudier. Pour être complet, il faudrait citer les applications à la télégraphie et à la téléphonie,

aux lignes sous-marines, aux entreprises d'électrochimie et d'électrométallurgie. Mais cette étude nous entraînerait trop loin. Le capital-actions réellement investi dans l'industrie électrique allemande, non compris ces dernières applications, est de 620 millions de marks, et si on y ajoute les obligations, on obtient un total réellement souscrit et libéré, versé par le public, de plus de un milliard de francs.

D'après une évaluation de l'*Electrotechnische Zeitschrift*, la valeur totale du capital engagé dans toutes les stations centrales publiques de l'Allemagne s'élevait, au début de 1902, à 574 millions de marks *(diagr. n° 16)*. A la même époque, les trente-quatre Sociétés anonymes locales exploitant des réseaux et les cinq Sociétés possédant à la fois plusieurs stations centrales avaient un capital-actions total d'environ 105 millions de marks et environ 60 millions de marks d'obligations (1).

Le tableau suivant montre comment s'est développé le capital investi.

SOCIÉTÉS LOCALES D'ÉCLAIRAGE	1894	1895	1896	1897	1898	1899	1900	1901	1902
Capital-actions	24,9	29,0	32,6	37,0	46,4	75,9	86,6	89.6	93,7
Obligations.	8,0	8,0	12,0	12,0	12,0	12,0	38,0	48,1	59,2

En général, ce capital a été bien rémunéré. Les principales Sociétés ont distribué des dividendes variant de 5 à 10 0/0 et la crise ne les a pas atteintes d'une manière grave. Les petites Sociétés au-dessous de 3 millions de capital ont distribué de 0 à 8 0/0. Douze d'entre elles n'ont rien distribué en 1902.

La plus grande partie des stations centrales appartiennent aux municipalités et à des particuliers.

(1) Les trente-quatre Sociétés anonymes locales avaient à cette date un capital-actions de 94 millions de marks et la puissance totale de leurs stations représentait 160 000 kilowatts, soit 36 0/0 de la puissance totale de toutes les stations allemandes.

	1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	1898	1899	1900	1901	1902
Nombre des stations créées dans l'année .	Jusqu'en 1888 : 15	7	8	13	22	31	36	61	70	101	148	135	129	72	14
Stations existant à la fin de l'année . . .	15	22	30	43	65	96	132	193	263	364	512	647	776	848	862
Puissance des stations au 1er avril en milliers de kilowatts	»	»	»	»	»	»	38,4	45,9	(?)	78,2	111,5	168,3	229,9	352,6	438,8
Puissance des moteurs reliés en mille PS.	»	»	»	»	»	»	5,6	10,3	»	21,8	35,9	68,6	106,4	141,4	192,1
Puissance totale reliée, non compris chauffage et électrolyse	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	330	425
Puissance totale des stations de tramways en septembre (pour mémoire) en milliers de kilowatts.	»	»	»	»	»	»	»	»	18,6	24,9	33,3	52,5	75,6	108,0	122,1

CHAPITRE II

LA CRISE DE 1901-1903

Vers le milieu de l'année 1898, une certaine tension monétaire commença à se faire sentir, en Allemagne, à la suite des immobilisations de capitaux considérables résultant des créations d'affaires nouvelles (1). Les grandes banques se trouvèrent immobilisées au point d'avoir besoin de recourir à l'étranger. Le taux officiel d'escompte de la Reichsbank passa de 4 à 6 0/0.

Mais ce n'était encore là qu'une tension passagère. La bourse restait ferme et prête à absorber de nouveaux titres. La tension reparut cependant à la fin de 1899 et l'escompte remonta à 6,5 0/0. Le cours des valeurs baissa pendant toute l'année, mais dans une proportion insignifiante et jamais, depuis la période de 1873, on n'avait investi plus de capitaux dans l'industrie,

A partir de la fin de 1899, la tension monétaire diminua graduellement, l'escompte tomba jusqu'à 2 0/0 au milieu de 1902 en même temps que les créations d'affaires nouvelles diminuaient. Mais en même temps le cours de toutes les actions baissa, lentement d'abord, puis brusquement, lorsqu'en novembre 1900 les mauvaises nouvelles se succédèrent coup sur coup.

On apprit d'abord la faillite de la Preussische Hypoth. Akt. Bank avec un excédent de passif de 56 millions, puis la mauvaise situation de l'industrie métallurgique. La banque hypothécaire de Poméranie, la Deutsche Grundschuldbank durent déposer leur bilan avec un passif de 130 millions.

De ce moment date la crise qui s'accusa dans le courant de 1901 avec la faillite de la banque de Leipzig, entraînée par celle

(1) Comme le montre le tableau suivant :

ANNÉES	1895	1896	1897	1898	1899	1899	1900	1901	1902
Nombre de Sociétés fondées dans l'année.	162	182	254	329	364	464	274	162	93
Capitaux investis en millions de marks .	249	269	380	464	544	645	330	160	149
Source des renseignements.	Deutscher Oekonomist.					Handbuch der deutschen Aktiengesellschaften.			

de la Trebertrocknungs A. G. Quelques jours avant, la Société de construction électrique Kummer avait dû déposer son bilan avec 11 millions de créances affirmées dont on ne compte guère sauver que 20 0/0. Cette chute avait entrainé, en juillet, celle de la Société d'entreprises de cette Société et celle du Creditanstalt für Industrie und Handel.

COURS DES PRINCIPALES MATIÈRES PREMIÈRES EN SCHELLINGS
SUR LE MARCHÉ DE LONDRES ET TAUX DE L'ESCOMPTE DE BERLIN

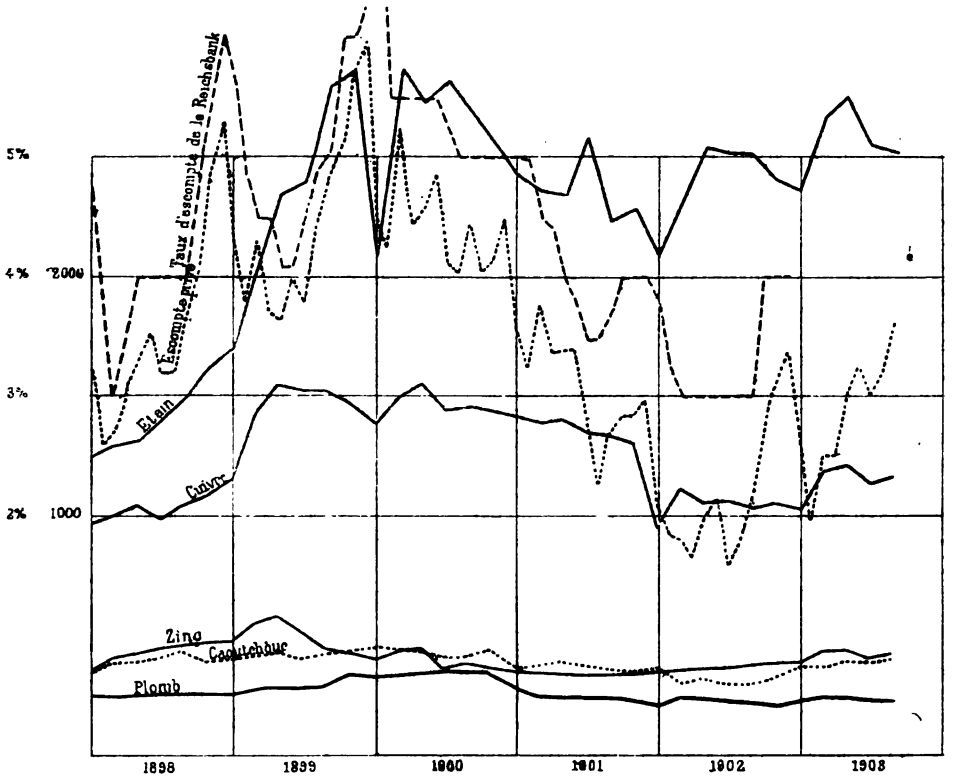


Diagramme n° 17.

La chute de la Leipziger Bank a porté une atteinte sérieuse à la Société Schuckert.

La faillite Terlinden, en août 1901, et celles de trois autres affaires moins importantes en novembre, portèrent à 450 millions de marks les pertes totales de capital, dont une faible partie seulement pourra être récupérée.

A l'exception du groupe Kummer et de trois autres affaires, toutes ces catastrophes furent la conséquence de manœuvres

frauduleuses dont la mise en lumière accrut à un point extrême la méfiance du public. C'est ce qui a fait dire en Allemagne que ces événements n'ont été qu'un assainissement. Ils n'ont touché qu'indirectement à l'industrie électrique, mais n'ont pas été sans gravité pour elle.

Il n'y a guère eu, en 1902, que six faillites de Sociétés anonymes représentant 7 millions de marks et moins encore en 1903.

Néanmoins la bourse est restée désorientée pendant toute

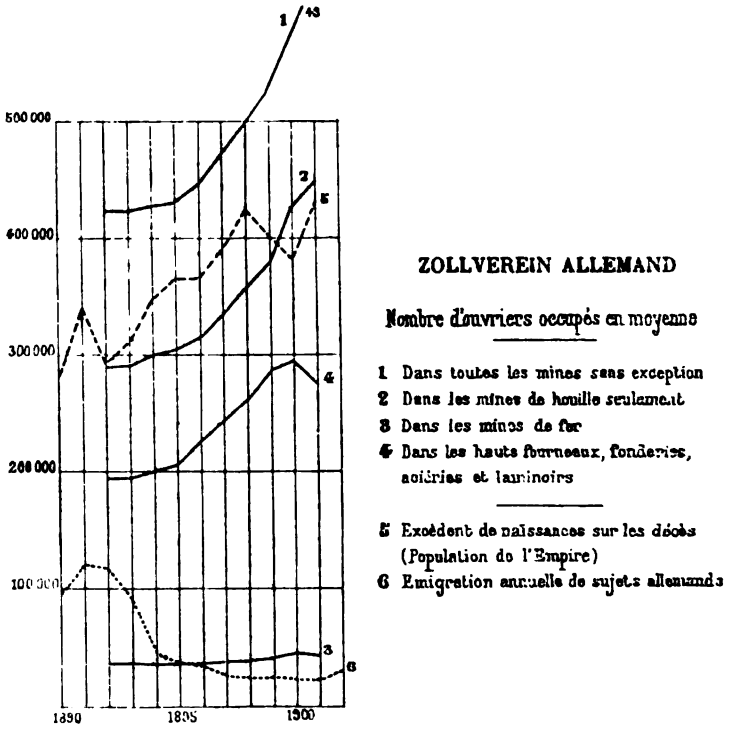


Diagramme n° 18.

l'année 1902 et les cours ont continué à baisser en même temps que les transactions restaient peu actives.

En 1903, la situation du marché s'est affermie et l'argent est devenu plus cher.

Pendant la crise, le cours des matières premières nécessaires à l'industrie électrique a été en général élevé, sauf depuis le milieu de 1901. Le cuivre est passé de 1 000 marks la tonne, en 1898, à 1 500 marks en 1899-1900, pour revenir à 1 000 marks à la fin de 1901, au moment de la déroute des affaires de cuivre.

Cette baisse des matières premières, en 1901-1902, a diminué les bénéfices apparents des Sociétés de construction et n'a commencé qu'en 1903 à agir favorablement sur les prix de revient.

Après avoir ainsi envisagé le côté financier de la crise, examinons sa répercussion sur le pays. Nous nous convaincrons rapidement qu'elle n'a été ni aussi profonde ni aussi grave que dans d'autres circonstances passées. Le nombre des heures de travail a diminué et les salaires ont baissé, mais on n'a pas été

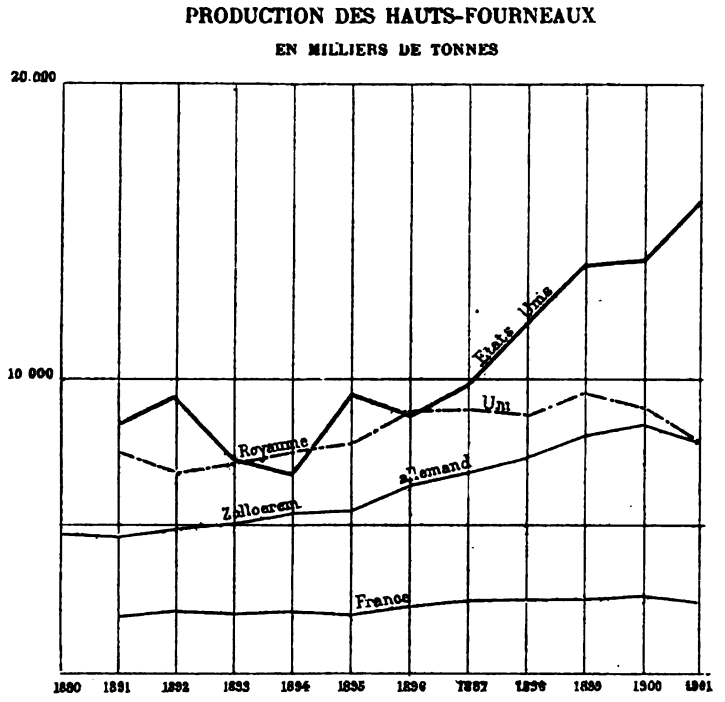


Diagramme n° 19.

obligé de congédier beaucoup d'ouvriers *(diagr. n° 18)*. Le nombre des ouvriers employés dans les mines de toute nature a augmenté en 1901 ; il en est de même dans les charbonnages. Il y a eu une légère réduction (7 0/0) dans l'industrie du fer et dans l'industrie électrique.

L'émigration, qui donne une mesure des souffrances des classes pauvres, n'a augmenté légèrement qu'en 1902. Elle reste négligeable (32 000 âmes) comparativement à ce qu'elle était en 1891-1892 (120 000 âmes).

Le rendement de l'impôt sur le revenu, le mouvement de fonds des caisses d'épargne prouvent que la nation ne s'est pas appauvrie. La consommation des objets de première nécessité n'a pas diminué.

La production des principales marchandises n'a pas beaucoup baissé non plus, en Allemagne, pendant la crise (*diagr. n° 19*).

ZOLLVEREIN ALLEMAND		1898	1899	1900	1901	1902
Production	Houille (millions de tonnes). .	96,3	101,6	109,3	108,5	107,4
	Lignite —	31.6	34,2	40,5	44,5	43,3
	Fonte (milliers de tonnes). .	7313	8143	8521	7880	8403
Commerce extérieur des fontes, fers et aciers.	Importations. .	519	835	979	393	264
	Exportations. .	1626	1510	1548	2346	3309

Il est vrai que ce résultat n'a été obtenu qu'au moyen d'un développement excessif des exportations à très bas prix. Depuis six mois, l'activité de l'industrie minérale et métallurgique s'est encore accrue et la production actuelle atteint ou dépasse celle de la période la plus prospère. Les données concernant le trafic des voies ferrées, navigables et des ports, et celles concernant le commerce extérieur, accusent une augmentation en poids comme en valeur.

Mais les prix de vente ont incontestablement baissé. Le coke de haut fourneau vaut 15 marks la tonne contre 22 en 1900 et 11 marks en 1893-96; la fonte Thomas, 56 marks contre 90 en 1900 et 46 en 1894. Les poutrelles, 105 marks contre 140 en 1900 et 85 en 1893.

La crise de 1901-1903 a donc été une crise de prix, mais non une crise de production, tandis qu'en 1893, les deux calamités s'étaient trouvées réunies.

Examinons maintenant comment les Sociétés de construction de matériel électrique ont traversé la crise.

D'après les indications fournies par les deux Sociétés qui publient leur chiffre d'affaires (1), c'est l'exercice 1900-1901 qui a

(1) Chiffres d'affaires en millions de marks, pendant l'exercice

	1898-1899	1899-1900	1900-1901	1901-1902	1902-1903
Société Siemens et Halske. . .	73	84	89	84	»
Société Schuckert.	66,5	77	72	49 (*)	41,5 (*)

(*) En réalité chez Schuckert 39 et 34,6 si on ne tient pas compte des livraisons aux filiales.

Sociétés de Constructions Électriques. — Production. — Importance du personnel.

		1893-1894	1894-1895	1895-1896	1896-1897	1897-1898	1898-1899	1899-1900	1900-1901	1901-1902	1902-1903
Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft.	Nombre	1 555	2 049	4 000	5 189	8 328	11 438	16 418	21 850	15 283	22 443
Moteurs et dynamos fabriqués. . .	Chevaux	20 400	30 000	68 000	103 000	152 900	198 000	208 000	268 000	212 000	295 000
Union Elektricitäts Gesellschaft. . .	Nombre	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Moteurs et dynamos fabriqués. . .	Chevaux	»	»	»	»	»	96 300	98 000	126 030	130 200	(?)
Elektricitäts A. G. vorm. Schuckert.	Nombre	1 414	2 216	2 398	4 386	5 341	6 330	8 248	6 797	5 331	6 977
Dynamos, moteurs, transformateurs.	Kilowatts	20 861	31 927	29 035	73 770	114 662	171 958	197 508	193 550	123 808	135 350
	Chevaux	28 300	43 400	39 500	100 200	156 000	234 000	267 400	263 000	168 200	183 899
Allgemeine, employés et ouvriers y compris l'étranger		3 385	5 121	6 711	9 817	12 000	13 382	17 361	14 644	14 897	18 278
Siemens		»	»	»	»	»	»	14 700	15 000	14 700	(?)
Schuckert.	Employés.	300	460	590	796	943	984	1 082	1 091	977	880
	Ouvriers et monteurs	1 700	2 240	3 150	4 640	5 850	6 780	7 413	6 868	5 365	5 134

marqué le point culminant au point de vue des ventes, mais c'est l'exercice 1899-1900 qui a fourni les bénéfices maxima. On est donc arrivé à faire plus d'affaires en 1901, mais ce résultat n'a été obtenu qu'au prix de sacrifices excessifs sur les prix de vente. La production de l'exercice 1902-1903 a été plus forte que jamais chez l'Allgemeine, Schuckert et probablement Sie-

VARIATION DU BÉNÉFICE NET (avant amortissement)
DES 6 GRANDES SOCIÉTÉS DE CONSTRUCTION RÉUNIES

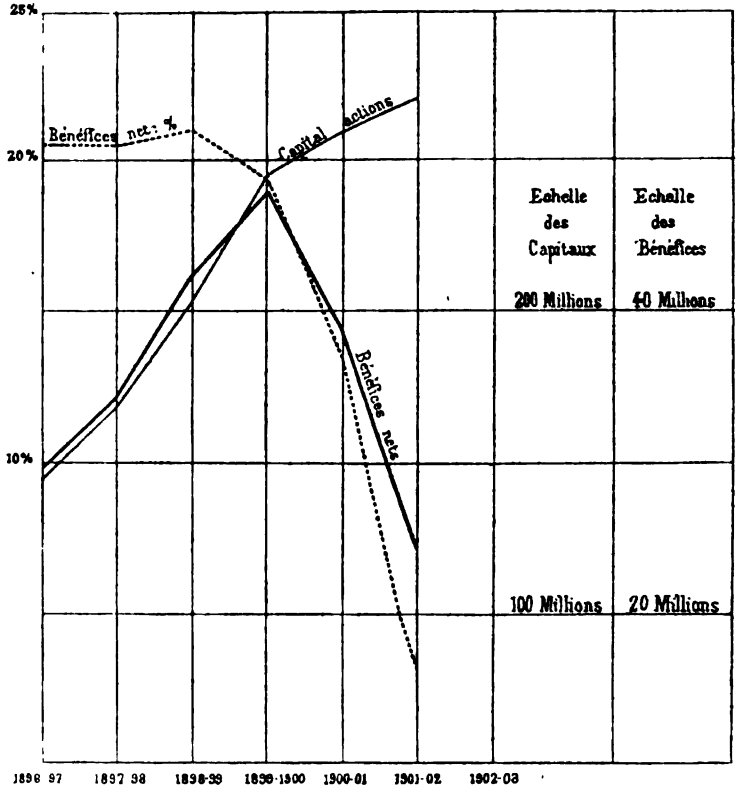


Diagramme n° 20.

mens. Mais, à cause des bas prix de vente, le chiffre d'affaires a été moindre qu'en 1900.

Ce résultat est confirmé par les renseignements fournis par les Sociétés concernant leur production annuelle.

Pendant les trois derniers exercices, les prix de revient n'ont pas été favorables, car le cours des principales matières premières, n'a réellement baissé que dans les derniers jours de

1901. Par suite des stocks, la baisse n'a guère agi sur les prix de revient qu'un an après, tandis que la dépréciation a porté de suite sur la valeur d'inventaire des produits fabriqués. Il en est résulté, comme toujours en pareil cas, une aggravation apparente des pertes. D'autre part, les salaires n'ont pas diminué.

De ce fait, et de la baisse des prix de vente, est résultée une diminution des bénéfices, et même des pertes dans les Sociétés les moins puissantes *(diagr. n° 20)*.

		1899/1900	1900/1901	1901/1902	1902/1903
Bénéfices nets avant prélèvement des amortissements.	Allgemeine	10 395	9 927	6 200	5 703
	Siemens. . .	7 700	6 886	4 228	(?)
	Union. . . .	4 400 (?)	2 200 (?)	1 762	— 500
	Schuckert. .	11 553	7 448	— 2 600	1 300
	Lahmeyer. .	1 309	2 031	— 308	— 100
	Helios. . . .	1 958	59	— 1 154	(?)
	TOTAL . .	37 315	28 591	8 128	(?)
Bénéfices nets.	Allgemeine .	10 528	7 981	5 408	5 392
	Siemens. . .	5 400	5 096	2 388	(?)
	Union. . . .	2 684	1 380	956	— 2 500
	Schuckert. .	9 414	4 118	— 5 550	133
	Lahmeyer. .	1 164	1 402	— 2 544	— 376
	Helios. . . .	1 443	— 5009	— 3 947	(?)
	TOTAL . .	30 233	14 968	— 3 239	(?)

Il suit de là que Schuckert et Helios n'ont rien pu distribuer en 1900/1 et 1901/2, et Lahmeyer en 1901/2.

DIVIDENDES °/₀	1893/4	1894/5	1895/6	1896/7	1897/8	1898/9	1899, 0	1900/1	1901/2	1902/3
Allgemeine. . . .	9	11	13	15	15	15	15	12	8	8
Union	8	10	12	12	12	10	10	6	4	0
Siemens	Pas encore fondée.			10	10	10	10	8	4	(?)
Schuckert	9	10	14	14	14	15	15	0	0	0
Lahmeyer	0	0	5	8	10	11	11	10	0	0
Helios	0	15	9	12	11	11	7	0	0	0

Voici quelles sont, suivant l'opinion des intéressés, les raisons d'un pareil état de choses.

En novembre 1901, M. Rathenau déclarait aux actionnaires de l'Allgemeine, que la « difficulté de la situation provenait en partie de la surproduction notoire des ateliers ». Il concluait que les remèdes à la situation devaient consister à rétablir la confiance du public, ébranlée par des entreprises fondées au moment du maximum de prospérité, et mal conduites; à maintenir, au moyen de nouveaux traités de commerce, les marchés étrangers ouverts aux marchandises allemandes; et à réduire au minimum les frais de recherches, de fabrication et de vente, par une organisation appropriée et une division rationnelle du travail.

La même personnalité, revenant sur la question à la fin de 1902, déclarait que l'industrie électrique avait été plutôt une des causes du malaise économique, qu'une victime de cette crise. On a investi dans ces entreprises des capitaux excessifs, qui n'étaient en rapport, ni avec la puissance financière du pays, ni avec le taux de capitalisation admissible. Ces affaires ayant été mal étudiées et surcapitalisées, on a encore commis la faute de développer la fabrication dans une mesure trop large, sur la base de commandes qui reposaient sur des livraisons à faire aux entreprises propres des Sociétés de construction, et qui, par suite, ne devaient pas se renouveler. On a développé le service des ventes et l'organisation commerciale en dehors des limites nécessitées par les besoins de la fabrication.

Il est nécessaire de constater, sans arrière-pensée, la disproportion qui existe entre la capacité de production actuelle, et les besoins de la consommation.

Au point de vue industriel, les fabrications accessoires : appareillage, compteurs, lampes, ont peu souffert en 1900-1 et même en 1901-2. C'est surtout la construction de nouveaux réseaux de tramways qui a manqué. Pour les stations centrales, le prix de vente a été mauvais, mais les commandes assez abondantes.

Le revenu moyen du portefeuille de l'Allgemeine, rapporté à sa valeur nominale, est tombé en 1901-2, de 8,55 à 7,05 0/0.

La situation industrielle de l'Union est restée relativement assez favorable au cours des derniers exercices :

Années	1900	1901	1902
Livraison de voitures motrices.	1062	1071	633
Soit, moteurs.	1972	2170	1250

Les stations centrales publiques ont moins bien donné, surtout en 1902, mais les compteurs ont fait leur maximum. En 1902, la Société ne se plaignait pas d'un manque de commandes, mais de la baisse des prix, et de l'absence de nouvelles grandes entreprises.

La Société Siemens ne croit pas qu'il y ait une disproportion aussi grande qu'on l'a dit, entre la capacité de production et les

SOCIÉTÉS D'ENTREPRISES ÉLECTRIQUES

COURS DES ACTIONS °/₀ DU NOMINAL SUR LE MARCHÉ DE BERLIN

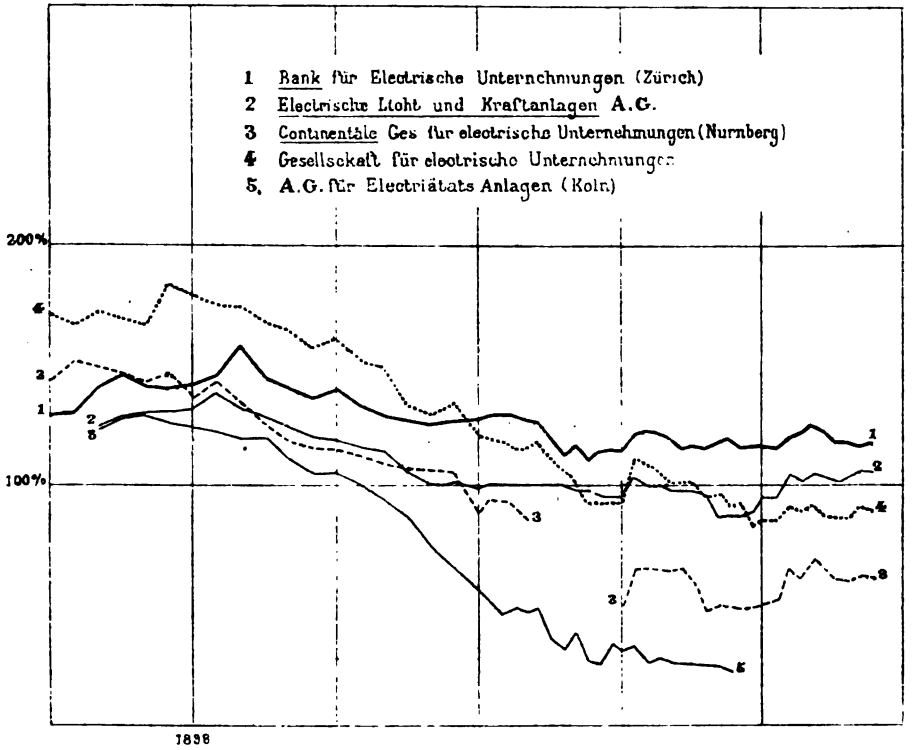
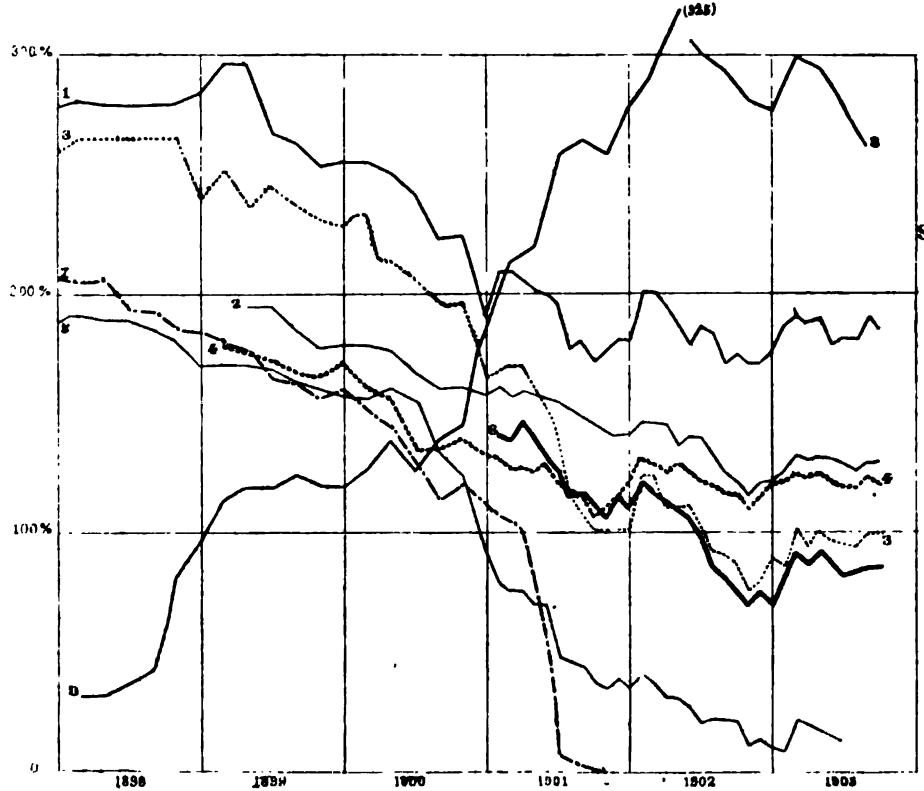


Diagramme nº 22.

besoins du marché, sauf en ce qui concerne les nouvelles usines de câbles. Elle attribue sa propre résistance à la crise à la diversité de ses fabrications, et à son attitude *libérale et même amicale* à l'égard de la concurrence, qui, par une union de plus en plus étroite avec les maisons étrangères « alliées » donne des avantages comparables à ceux des cartells. La concurrence améri-



SOCIÉTÉS ALLEMANDES DE CONSTRUCTION
DE MATÉRIEL ÉLECTRIQUE

Cours des actions °/₀ du nominal
sur le Marché de Berlin

1 Allgemeine Electricitats Gesellschaft
2 Siemens &ad Halske Electricitats Gesellschaft
3 Electricitats A.G. vorm. Schuckert
4 Union Electricitats Gesellschaft
5 Electricitats A.G. Helios
6 Electricitats A.G. vorm. Lahmeyer
7 A.G. Electricitats Werke vorm Kummer
8 General Electric C^ie^

Diagramme n° 21.

caine se fait surtout sentir pour les tramways. La crise est plus grave en Autriche.

La Société Schuckert a plus souffert industriellement : elle avait un stock considérable, acheté à des cours élevés. Mais ses pertes ont été surtout financières. Les filiales russe, anglaise et française, ainsi que les grandes installations hydrauliques de Norvège et celles de Jajce y ont contribué, mais c'est surtout l'absorption de la Société d'entreprises, la Continentale Gesellschaft für Electrische Unternehmungen, qui a été ruineuse.

La Société Schuckert avait dû lui ouvrir un crédit de 30 millions pour travaux en cours, sinon, cette Société aurait dû liquider. Or, le capital de cette Société ne vaut que la moitié du pair. Pour amortir cette dépréciation, il a fallu clore le bilan de 1902, en perte de 6 millions.

Des raisons analogues, d'ordre financier, résultant de mauvaises entreprises, ont entraîné les pertes des Sociétés Lahmeyer et Helios.

L'industrie proprement dite a toujours donné des bénéfices.

CHAPITRE III

ESSAIS DE CONSOLIDATION DE L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE ALLEMANDE EN 1903

Fusion de l'Allgemeine avec l'Union.

En 1898, au moment où la situation de l'industrie électrique était particulièrement brillante en Allemagne, les personnalités dirigeantes de la Société Schuckert et de l'Allgemeine avaient tenté de fusionner ces deux grandes affaires. Des bruits de fusion concernant l'Union couraient également à la même époque. Mais ces tentatives, destinées à restreindre encore la concurrence au moment où les prix de vente étaient au plus haut, rencontrèrent une si vive opposition de la part de l'opinion publique, qu'il fallut les abandonner, au moins provisoirement.

En octobre 1901, quelques mois après la faillite de la Société Kummer, la Société Schuckert, très éprouvée par la chûte de la Leipziger Bank, inspirait de vives inquiétudes, et l'on reparla de ce projet, mais pendant peu de temps. Il fut définiti-

vement écarté en septembre 1902, et l'on apprit, un mois après, que l'Allgemeine allait fusionner avec l'Union.

Cette opération devint définitive en avril 1903, après la ratification des Assemblées générales, et s'exécuta sur les bases suivantes :

1° Identité de direction commerciale et d'administration des deux affaires, dans la mesure permise par la loi;

2° Division du travail, conformément à l'outillage industriel des deux entreprises, avec mise en commun de leur expérience commerciale et technique.

3° Conservation de l'importance relative actuelle des affaires des deux entreprises, dans la limite du possible.

4° Fusion de leurs organes commerciaux extérieurs.

La direction générale comprend sept membres de l'Allgemeine Elektricitätsgesellschaft et trois de l'Union. Les membres du Conseil d'administration de chaque Société prennent part, avec voix délibérante, aux séances du Conseil d'administration de l'autre.

M. Rathenau justifie ce genre d'entente, en disant qu'il laisse aux Sociétés une individualité suffisante pour conserver le stimulant nécessaire aux progrès techniques, que le développement des affaires permettra de ne pas congédier trop de personnel, et que les parties de l'outillage rendues inutiles après la fusion comme faisant double emploi, seront utilisées en vue de fabrications nouvelles, grâce aux progrès de l'industrie.

Les deux entreprises se complètent parfaitement bien, l'Union s'étant spécialisée dans la traction.

Les Sociétés d'entreprises et les filiales étrangères des deux affaires restent en dehors de la fusion, la forme du traité n'empêche nullement l'absorption d'autres entreprises analogues.

Le partage des bénéfices aura lieu dans le rapport de 15 à 4, qui correspond à celui du capital-actions et des dividendes passés des deux Sociétés.

Fusion des Sociétés Siemens et Schuckert.

Pendant que les négociations se poursuivaient entre l'Allgemeine et l'Union en vue de la fusion de ces entreprises, les conseils d'administration des Sociétés Siemens et Schuckert se réunissaient (février 1903) et décidaient la création en commun d'une Société à responsabilité limitée : « Siemens-Schuckert-Werke

G. m. b. H. » au capital de 90 millions de marks, ayant pour objet la mise en commun des ateliers de construction des deux Sociétés, y compris le fonds de roulement, mais à l'exclusion du portefeuille, des participations et des garanties d'intérêt à la charge de chacune des deux affaires.

L'assemblée générale du 9 mars 1903 a approuvé le traité et la nouvelle Société a été constituée le 1er avril 1903, au capital de 90 millions de marks dont 80 libérés. 45,05 représentent les apports de la Société Siemens et 44,95 ceux de Schuckert.

Ces titres sont placés dans le portefeuille de chacune des deux Sociétés.

La Société Siemens apporte son usine de construction du gros matériel de Charlottenburg, sa fabrique de câbles et sa fonderie de laiton, y compris les immeubles, machines, outils, matières premières et produits finis, brevets, ainsi que les avances s'y rapportant, à l'exclusion des comptes créditeurs. La Société Schuckert apporte, dans les mêmes conditions, ses usines de Nuremberg. Le tout estimé à la valeur d'inventaire au 1er avril 1903.

La Société Siemens continue à s'occuper, pour son compte, de ses autres genres d'affaires. L'atelier de construction d'appareils télégraphiques et téléphoniques, d'appareils pour signaux de chemins de fer, les fabriques de lampes à incandescence et de crayons pour lampes à arc restent en dehors de la combinaison. De même la Société Schuckert n'apporte pas son usine de Berlin.

Les succursales allemandes et étrangères sont englobées dans la fusion, même celles qui sont sous forme de Sociétés anonymes. Mais les Sociétés filiales étrangères restent exclues quoiqu'on prévoie que leur concurrence sera amicale.

Les bénéfices seront partagés à dater du 1er août 1908, de la manière suivante, après déduction des amortissements. On fera deux parts respectivement proportionnelles au montant des immobilisations et du fonds de roulement (défalcation faite des dettes). La Société Siemens recevra trois cinquièmes et la Société Schuckert deux cinquièmes de la première part. La seconde part sera partagée entre les deux Sociétés proportionnellement à leurs fonds de roulement nets. Pendant la période transitoire 1903-8, la Société Siemens recevra une part plus forte.

Consolidation financière des Sociétés Lahmeyer et Helios.

A la suite des fusions des quatre grandes Sociétés, les Sociétés Lahmeyer et Helios paraissent appelées, soit à se laisser absorber par l'un des deux groupes ainsi formés, soit à conclure entre elles une convention analogue. Il était question, au début de décembre 1903, du rachat de la Société d'entreprises d'Helios par la Société d'entreprises de Siemens. Ces deux groupes possèdent, à Saint-Pétersbourg, deux stations centrales concurrentes, et l'on attendait de l'opération la fin de cette concurrence gênante. Ce serait aussi un premier pas vers l'absorption du groupe Helios par celui de Siemens-Schuckert.

Jusqu'ici, les Sociétés Lahmeyer et Helios se sont bornées à des mesures d'assainissement financier. La première a absorbé sa Société d'entreprises, la « Deutsche Gesellschaft für Electrische Unternehmungen », ce qui a créé 5 millions de ressources nouvelles versés aux réserves. Un consortium dirigé par la Darmstädter Bank met à la disposition de la Société les moyens financiers qui lui seront nécessaires.

Quant à la Société Helios, elle a procédé à une réduction de capital conformément aux décisions de l'assemblée du 28 octobre 1902 et sous les auspices du Schaffhausener Bankverein (1). Le capital de 20 millions de marks a été ramené ainsi à 8 395 000 marks et les paiements des actionnaires avaient donné au début de 1903, 3 millions de marks de disponibilités liquides.

Autres remaniements de Sociétés.

La *Société Kummer* avait déposé son bilan le 20 juin 1901. Le Comité des actionnaires et obligataires, nommé en juin 1902, a dressé, avec la collaboration des banques Arnold, de Dresde, et Goldschmidt, de Berlin, un plan de réorganisation écartant, au moins provisoirement, les entreprises financières qui seules ont donné des pertes. On a fondé en conséquence, en février 1903, une Société entièrement nouvelle, « Sachsenwerk, Licht und Kraft A. G. », au capital de 2 745 000 marks, qui a racheté pour

(1) Par une réduction de 1 250 000 marks, suivie d'une destruction de quatre actions sur cinq pour ramener le reste à 3 750 000 marks et un appel de 1 000 marks par action condensée. Enfin les obligations ont été échangées contre des actions de priorité, et le capital élevé de 1 250 000 marks pour absorber trois entreprises qui avaient reçu de la Société des garanties d'intérêt.

700 000 marks l'usine de la Société Kummer. Sur ce capital, 1 500 000 marks ont été souscrits et libérés, le reste a été remis aux porteurs des obligations hypothécaires de Kummer, en même temps que 892 000 marks d'obligations créées par la nouvelle Société.

Celle-ci entreprendra en outre la construction des machines.

D'autres Sociétés appartenant à l'industrie électrique ont été obligées de recourir à des mesures analogues : ainsi l'Allgemeine Deutsche Kleinbahn Gesellschaft a dû réduire son capital de 7 250 000 à 1 250 000 marks, et créer des actions nouvelles à remettre aux obligataires en échange d'une partie de leurs droits.

Mais ces mesures, qui ne sont autre chose que l'aveu tangible des pertes subies, ne peuvent pas être considérées comme de nature à consolider la situation *industrielle* de ces entreprises.

Revenons donc aux affaires de construction et examinons comment elles pensent conjurer les effets commerciaux de la crise.

Résultats commerciaux et industriels de ces fusions.

Les fusions que l'on vient d'étudier réunissent entre les mains de deux administrations seulement près des trois quarts de la production totale du gros matériel électrique. Ce n'est pas assez pour permettre un contrôle *absolu* des prix de vente, mais c'est suffisant pour assurer leur relèvement. Les deux directions s'entendront vraisemblablement, car les deux tiers des banques figurant dans les consortium de ces deux groupes sont les mêmes.

En même temps, les frais généraux et les dépenses d'ordre commercial vont se trouver réduits dans une proportion qui, sans atteindre celle de 2 à 1, s'en rapprochera assez. En effet, les services d'étude, les administrations générales, les bureaux de vente en province et à l'étranger sont fusionnés.

Le groupe Allgemeine-Union a congédié trois cents employés, le groupe Siemens-Schuckert a modifié la répartition du personnel de Berlin et de Nuremberg. On a profité de ces circonstances pour opérer une sélection dans le personnel et diriger vers de nouvelles recherches l'activité des personnes devenues disponibles.

D'autres facteurs du prix de revient vont se trouver heureusement modifiés par une meilleure répartition du travail dans les ateliers, la suppression des organes faisant double emploi, etc.

Ainsi, en ce qui concerne le groupe Allgemeine-Union, toutes les fabrications actuelles vont être transférées dans les ateliers de l'Allgemeine. L'Union ne va plus fabriquer que les turbines à vapeur Curtis et Riedler-Stumpf, ainsi que les dynamos à grande vitesse correspondantes. Le personnel et le matériel actuel de l'Union sont donc transportés dans les ateliers de l'A. E. G.

Dans le groupe Siemens-Schuckert, les remaniements sont encore plus importants. La Société Siemens, qui comptait transporter un jour la fabrication du gros matériel dans son usine à câbles de Nonnendamm, cède cette fabrication à la Société Schuckert et se borne à construire à Charlottenburg les moteurs et dynamos au-dessous de 5 à 10 *ch*, les lampes à arc, les transformateurs et les appareils de mesure. Les ateliers Schuckert fabriqueront le gros matériel et les compteurs. Les moteurs de tramways seront fabriqués à Charlottenburg.

Il est difficile de se faire une idée, si l'on n'a pas visité les usines, de l'enchevêtrement des services aussitôt après la fusion. Peu à peu cependant l'ordre se rétablit, et il est facile de voir combien grande est la simplification résultant de cette mesure. Par exemple, l'estampage des tôles se faisait chez Schuckert dans deux ateliers distincts et la Société Siemens avait son atelier à Charlottenburg. Prochainement toutes les machines seront réunies à Nuremberg dans un bâtiment spacieux devenu libre par suite du départ de l'atelier de construction des moteurs de tramways. De même, l'outillage nécessaire à la fabrication des compteurs se trouve installé très à l'aise dans des salles où l'on fabriquait autrefois des appareils de mesure.

A Nuremberg, la fabrication des dynamos est complètement séparée de celle des alternateurs par suite d'une conception première très discutable. Or, la seconde est beaucoup mieux outillée que la première. Les vieilles machines vont être éliminées et les diverses phases de la fabrication seront probablement concentrées, comme on va le faire dès maintenant en ce qui concerne l'estampage.

Le cadre de cette étude ne permet pas d'aborder la description des ateliers ainsi remaniés. On peut dire seulement que l'outillage, déjà très amélioré depuis 1898, subit actuellement une sélection des plus avantageuses. Lorsque cette opération sera achevée, le prix de revient sera très bas, non pas à cause du prix des matières et de la main-d'œuvre, mais par suite de la perfection de l'outillage.

Il y a là un danger des plus sérieux pour nos usines françaises isolées, trop nombreuses et par suite trop peu développées.

Nous sommes maintenant conduits à nous demander quelle va être la répercussion des mesures que l'on vient d'étudier sur l'avenir de l'industrie électrique en Allemagne.

Les bas prix encore pratiqués aujourd'hui, surpassant à peine de 5 à 10 0/0 ceux des plus mauvais jours, montrent que les fusions n'ont pas encore permis de régler le marché. Ces prix restent encore de 20 à 25 0/0 plus bas, d'après ce qui m'a été dit, qu'au moment du maximum de prospérité. Cependant, si l'on traite parfois des affaires d'exportation à un prix voisin du prix de revient, la vente du matériel ne donne pas et n'a jamais donné lieu à des pertes.

Celles-ci ont eu une origine exclusivement financière. Les Sociétés d'entreprises, après avoir donné aux Sociétés de construction le moyen de prendre le développement considérable que l'on sait, constituent aujourd'hui, par un retour naturel des choses, un boulet pénible à traîner, et cela parce que la juste mesure a été dépassée.

On peut s'attendre encore de ce côté à quelques liquidations pénibles. Le dernier mot n'a peut-être pas été dit à ce point de vue. Si une nouvelle dépression se produisait après la période de reprise qui dure depuis six mois, les charges financières de quelques sociétés pourraient devenir écrasantes. On ne peut, par suite, porter qu'un jugement réservé sur le prochain avenir financier des sociétés qui nous intéressent.

CHAPITRE IV

AVENIR INDUSTRIEL DES SOCIÉTÉS DE CONSTRUCTION ÉLECTRIQUE

L'avenir industriel est plus certain et présente un intérêt de premier ordre.

Après la période de création des distributions d'éclairage suivie avec un certain recoupement par la période d' « électrisation » des réseaux de tramways, qui paraît à peu près close aujourd'hui, nous sommes entrés depuis deux ans dans la période des applications industrielles. Celle-ci promet d'être au moins aussi féconde, et c'est ce genre d'applications, qui depuis six mois, redonne aux Sociétés de construction leur recrudescence d'activité.

Transmissions dans les ateliers.

La transmission d'énergie dans les ateliers, dont l'application est déjà ancienne, a permis de réaliser des progrès particuliers, notamment pour le travail des grosses pièces qui, fixées une fois pour toutes sur la table de traçage, sont usinées au moyen de machines-outils mobiles, mues par moteur électrique (fraises, perceuses, mortaiseuses).

Sur 3 millions de chevaux-vapeur fonctionnant en Prusse, 500 000 seulement servent à la production de l'énergie électrique. Les 2 500 000 autres représentent des moteurs industriels qui actionnent des ateliers. On voit, par suite, quel vaste champ reste ouvert à la transmission électrique de l'énergie dans les usines.

Moteurs a gaz de hauts fourneaux.

D'autre part, la production de la force motrice au moyen des moteurs à gaz de hauts fourneaux et de fours à coke présente une importance considérable pour l'avenir. Sans discuter sur des bases techniques le chiffre de la puissance disponible de ce chef, considérons le cas de l'usine d'Ilsede, où trois hauts fourneaux, produisant ensemble 600 *t* de fonte en vingt-quatre heures, vont alimenter bientôt 6 000 *ch* destinés à un transport de force hors de l'usine. On voit que l'ensemble des hauts fourneaux allemands pourrait, si l'on se base sur cet exemple, fournir 200 000 *ch*, et ce chiffre ne correspond qu'à une utilisation partielle, beaucoup d'autres services, en dehors des Cowper, consommant du gaz dans l'usine qui nous sert d'exemple. Or il n'existe encore en Prusse que 500 000 *ch* de dynamos génératrices pour toutes les applications.

Les gaz de fours à coke, ou les chaleurs perdues de ces fours, sont encore une nouvelle source d'application du même genre.

Le laminoir de Peine, alimenté par l'usine d'Ilsede, utilise déjà 1 800 *ch* en triphasé et 300 *ch* en continu. J'y ai vu fonctionner un duo à quatre cages mû, par courroie, par un moteur à courant continu de 250 *ch*. Il produit des feuillards. D'autres trains, exigeant un réglage de vitesse moins précis, seront bientôt mus directement par des moteurs triphasés de 1 000 à 1 200 chevaux-vapeur actuellement en construction.

Beaucoup d'autres installations du même genre sont en fonctionnement ou en préparation. On pense, avec raison, que la plus grande partie de la puissance motrice qui sera produite par les moteurs à gaz, devra être distribuée et employée sous forme d'énergie électrique (1). Ce progrès en entraîne d'autres.

En particulier, depuis qu'on sait purifier les gaz, on a constaté que la combustion, dans les Cowper et dans les chaudières à vapeur, de ces gaz nettoyés, donne un rendement calorifique notablement plus élevé, ce qui s'explique par la mauvaise conductibilité des poussières.

Ces applications commencent déjà à se répandre dans notre Lorraine française, où elles sont appelées à un avenir particulièrement brillant à cause de l'éloignement des mines de houille.

Industrie minérale.

Les applications de l'énergie électrique à l'industrie minérale sont plus anciennes et plus répandues. La commande des ventilateurs, la traction souterraine, la commande des plans inclinés, des perforatrices et des haveuses deviennent de plus en plus fréquentes en Allemagne.

Il existe déjà plus de cent soixante pompes express Riedler, commandées directement par des moteurs à courant continu ou polyphasé, dont quatre de 900 *ch*, dix de 700 *ch*, etc. Les plus fortes élèvent 10 à 20 m^3 par minute à 150 *m* de hauteur.

Machines d'extraction.

La commande directe des machines d'extraction principales par moteur électrique présente des avantages d'ordre économique qui l'ont fait adopter d'abord, et l'on a trouvé ensuite qu'elle présente une sécurité particulière qui suffirait, à elle seule, à en justifier l'emploi dans les nouvelles installations.

Les machines d'extraction à vapeur consomment beaucoup. D'après des essais récents exécutés par le « Kölner Bergwerks Verein », une marche de cinq heures à pleine charge a consommé 19 *kg* de vapeur par cheval-heure. Une machine compound-tandem de la mine Rheinelbe a consommé, pendant des essais de neuf heures :

(1) Cup and Cône à commande électrique. — Trains de rouleaux pour laminoirs, etc.

De 25 à 27 *kg* en marchant avec condensation dans les meilleures conditions;

32 *kg* en surveillant attentivement la manœuvre;

52 *kg* en manœuvrant sans précautions spéciales.

On a trouvé à la saline Heilbronn une consommation de 31 *kg* par cheval-heure (1). On compte, par suite, sur une consommation de 30 à 35 *kg* dans les meilleures conditions de marche courante, et de 40 à 50 *kg* pendant les heures peu chargées.

Or, bien qu'on ne possède pas encore de résultats d'essais de consommation exécutés sur des installations électriques, le calcul indique et la Société Siemens garantit par l'emploi du système Ilgner, une consommation de 12 à 18 *kg* de vapeur par cheval-heure débité dans le puits. Ceci correspond à une consommation de 1,8 à 2 *ch* aux bornes du transformateur rotatif.

On pourrait donc réaliser une économie de moitié dans la dépense de vapeur et, par suite, aussi une économie considérable dans la consommation d'huile, les frais d'entretien des générateurs, etc.

Ces applications entrent déjà dans la pratique courante. Parmi celles qui sont en service, on peut citer la machine d'extraction de la mine von Arnim, à Planitz, près Zwickau, et celle de la mine Preussen II, de la Société Harpener Bergbau, à Dortmund, la seconde à courant triphasé, la première à courant continu, construites par l'Allgemeine dans des houillères. La même Société a installé des machines d'extraction dans la mine de fer « Hollerstzug », à Herdorf et dans la mine « Ottilie Kupferhammer », à Oberröblingen. Dans cette installation, la force motrice est produite par un moteur à gaz. Le gaz provient de la distillation de lignites riches en goudron servant à fabriquer de la paraffine. Le moteur est du type triphasé.

L'Union a construit également plusieurs machines d'extraction, tant à courant triphasé qu'à courant continu.

La Société Lahmeyer a installé jusqu'ici plus de plans inclinés électriques que de machines d'extraction.

Enfin, la Société Siemens a fait de grands efforts en vue de développer ces applications.

Outre ses deux machines de 170 *ch* à courant triphasé des mines de Karwin et sa machine de 300 *ch* de Thiederhall (près

(1) Ces chiffres m'ont été obligeamment fournis par M. l'Ingénieur Kuhl, de la Société Siemens-Schuckert-Werke.

Brunswick) qui sont en exploitation, elle crée actuellement huit installations, suivant le système Ilgner. La plus importante sera celle de la mine Zollern II, du Gelsenkirchner Bergwerks Akt. Verein (une machine d'extraction de 2800 *ch*).

Chacune des Sociétés a déjà créé ses types spéciaux de machines d'extraction. Un des systèmes les plus curieux est celui d'Ilgner-Siemens, qui utilise les variations de force vive d'un volant couplé à un transformateur rotatif pour égaliser le débit d'énergie demandé à la station centrale.

L'Allgemeine, de son côté, a appliqué à ses moteurs triphasés des dispositifs de réglage très intéressants, étudiés d'abord en vue des essais de traction à grande vitesse.

Une description de ces différents systèmes nous entraînerait trop loin. Disons seulement qu'un des avantages de la machine d'extraction électrique résulte de son faible encombrement, qui a permis d'installer, en cas de besoin, la machine dans le chevalement. Une installation de ce genre, permettant de ramener une charge de 2 400 *kg*, d'une profondeur de 600 *m* avec une vitesse de 15 *m* par seconde, a coûté 170 000 marks, y compris le chevalement et l'appareillage jusqu'aux canalisations allant à la station centrale.

Quoi qu'il en soit, la centralisation de la force motrice présente des avantages si évidents, surtout dans les mines métalliques où le combustible coûte cher, que ces sortes d'applications sont appelées à un brillant avenir.

Ce sont ces applications à l'industrie qui font vivre depuis un an les Sociétés de construction électrique allemandes. Aussi la reprise de cette industrie est-elle liée à celle de la métallurgie et des charbonnages.

Cette dernière marque un certain temps d'arrêt depuis les tout derniers mois en ce qui concerne le développement des exportations allemandes. Les États-Unis, d'importateurs qu'ils étaient, deviennent en effet exportateurs. Mais, jusqu'ici, l'essor des débouchés intérieurs a compensé ce rétrécissement de l'exportation et la création probable d'un cartell des aciéries allemandes paraît de bon augure pour l'avenir.

Outillage des ports.

On ne peut passer sous silence le débouché offert à l'industrie électrique par l'outillage des ports. Hambourg vient d'être doté,

depuis cinq ans, de trois immenses bassins nouveaux desservis par cent cinquante grues de 3 *t*; les ports du Rhin, notamment celui de Dusseldorf, ont également reçu des accroissements d'outillage électrique importants.

Traction sur les voies ferrées.

Cette période des applications industrielles n'est probablement pas appelée à jamais prendre fin; mais une nouvelle phase de développement va se greffer sur elle le jour où commencera l'électrisation des grandes voies ferrées.

Malgré les résultats encourageants des essais de traction à grande vitesse qui ont pris fin en novembre 1903, personne, en Allemagne, n'escompte sérieusement pour un avenir tout prochain la création de lignes de ce genre entre les grandes villes de l'Empire. Car ce serait bien une création nouvelle qui serait nécessaire. Mais on s'attend à voir bientôt la traction électrique se substituer à la traction à vapeur sur le Stadtbahn de Berlin et sur celui de Vienne.

Deux systèmes paraissent devoir être étudiés concurremment: l'emploi du courant continu à haute tension, qui vient d'être appliqué en France presque en même temps qu'en Autriche (1), et l'emploi direct du courant monophasé.

Ce dernier système, préconisé par l'Union, emploie le moteur Winter et Eichberg, qui est à la fois un moteur de répulsion et un moteur d'induction. Il comporte l'emploi d'un collecteur, mais fonctionne pratiquement sans étincelles excessives, comme j'ai pu le constater sur la ligne d'essai installée dans la fabrique de l'Union. D'autres types de moteurs monophasés attirent actuellement l'attention des spécialistes.

Dans une voie ou dans l'autre, on va réaliser une solution plus économique que celle projetée il y a cinq ans déjà, et l'on s'attend à pouvoir bientôt exécuter ces lignes. Ce sera un pas de plus vers l'électrisation des grands réseaux.

Si nous joignons à ces indications les espérances fondées sur les turbines à vapeur, nous aurons sous les yeux les principales voies qui paraissent ouvertes à l'avenir de l'industrie électrique.

(1) Sur la ligne de Tabor, construite par M. Krizik, de Prague.

CONCLUSION

Il est à craindre que les Allemands profitent plus que nous de cet avenir. Ils n'hésitent pas, en effet, à étudier d'une manière approfondie les applications spéciales en y consacrant les capitaux nécessaires. Or, ces études ne peuvent aboutir que grâce à une expérience consommée de la part des constructeurs exigeant une collaboration intime de l'électricien et du spécialiste.

Il y a déjà une technique tout entière à ce sujet et les constructeurs allemands ont pris sur nous une avance qu'il serait puéril de dissimuler. Or ils vont, dans l'avenir, chercher à nous concurrencer, d'autant plus que leurs débouchés extérieurs vont peut-être se resserrer notablement. En Autriche, on se propose d'élever considérablement les droits d'entrée; en Angleterre, où l'Allemagne exporte beaucoup de matériel électrique, la campagne de M. Chamberlain pourrait produire des effets analogues, et l'on ne sait pas encore ce que sera le nouveau traité de commerce russo-allemand.

A côté de ces points noirs, il faut signaler un fait important de bon augure pour l'avenir. A la suite d'un voyage de M. Rathenau aux États-Unis, l'été dernier, le groupe Allgemeine Elektricitätsgesellschaft-Union s'est entendu avec la General Electric Company, pour éviter la concurrence et étudier en commun certaines applications (turbines Curtis et traction monophasée). On dit qu'une entente s'est conclue avec la Société Thomson-Houston au sujet des zones d'influence accordées par les anciennes conventions à cette Société et à l'Union, et que la fusion de l'Union avec l'Allgemeine Elektricitäts gesellschaft, libre de tout engagement, mettait en cause.

Il ne reste plus, comme concurrence grave, que celle de la Westinghouse Electric Company, qui, après avoir fondé des usines en France et en Angleterre, pouvait être tentée d'en faire autant en Allemagne, le jour où la situation de l'industrie redeviendrait brillante.

Comme on le voit, la concentration de l'industrie à l'intérieur des frontières n'a pas paru suffisante à ceux qui ont la charge des intérêts de l'industrie électrique allemande. Avant même qu'elle soit achevée, — car il semble bien qu'elle soit appelée à faire sous peu un pas de plus, sous une forme ou sous une autre,

— on vient d'adoucir la concurrence des grands producteurs américains, autour de laquelle les Allemands font cependant tant de bruit, peut-être pour faire passer la leur sous silence.

En présence de cette double consolidation de l'industrie électrique, devons-nous nous replier derrière notre muraille de Chine et continuer à renoncer à l'exportation? Devons-nous attendre, chose pire encore, que la concurrence allemande devienne de plus en plus grave à l'intérieur de nos frontières? L'étude des prix de revient nous montre que cette abdication serait sans excuse.

L'outillage industriel est encore aujourd'hui assez en retard, en France, pour fournir, par sa transformation, de bons débouchés à nos constructeurs, surtout si, cette situation étant envisagée virilement, on se décide enfin à y porter remède. D'assez nombreuses applications sont possibles dans nos colonies, et l'exportation même ne nous est pas interdite, comme on le prétend trop souvent, par je ne sais quelle infériorité naturelle. Les machines fabriquées à Prague avec du cuivre américain importé par Hambourg, et réexportées en Angleterre par ce même port, concurrencent bien les machines allemandes. Et qui oserait soutenir que les constructeurs de Prague sont mieux situés que ceux du Havre ou de Paris pour une fabrication de ce genre?... Cependant la Bohême exporte beaucoup, actuellement, en Angleterre et en Espagne, malgré la concurrence allemande.

Si l'on peut tirer de cette étude une conclusion concernant notre propre industrie, il est permis de dire qu'une occasion, en quelque sorte exceptionnelle, se présente à elle pour lui permettre de regagner le terrain perdu. Au moment où les débouchés changent de nature, l'avance prise par nos concurrents, grâce à leur remarquable organisation, perd une partie de son importance. Il serait facile d'en profiter en se lançant résolument dans la voie des applications industrielles.

Mais il est à craindre que nos constructeurs, trop nombreux et trop divisés, ne puissent réaliser l'effort nécessaire. Les esprits ne sont pas encore assez ralliés à la cause de la concentration industrielle pour qu'on puisse espérer une union prochaine des Sociétés françaises dans le genre de celle qui permet aux Allemands de triompher de la crise actuelle et qui leur prépare sans doute de nouveaux succès pour l'avenir.

Le groupe Allgemeine-Union représente 84 millions de marks d'actions et 38 d'obligations. Le groupe Siemens-Schuckert a

97 millions de marks d'actions et 60 millions de marks d'obligations. Chacun de ces deux groupes occupe environ vingt mille employés et ouvriers. Cette concentration est la seule supériorité de l'industrie allemande. Des capitaux aussi énormes sont à la fois une source de puissance et une charge.

Avec notre élasticité financière, nous arriverions aisément, si nous le voulions bien, à proportionner les capitaux aux vrais besoins de l'industrie et à regagner le terrain perdu. La question vaut la peine d'être étudiée, car l'essor de l'industrie électrique, est trop étroitement lié à celui des autres industries nationales pour ne pas être indispensable à la grandeur du pays, et au rayonnement de son influence au dehors.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. H. P. HERSENT

ANCIEN PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE (1)

Né le 4 mai 1827, à la Vacherie-sur-Hondouville, canton de Louviers, département de l'Eure, M. Hildevert-Pierre Hersent ne reçut, comme instruction, que celle qui était donnée à cette époque dans les écoles primaires; mais il suppléa par son ardeur à l'insuffisance des leçons de ses premiers maîtres.

Il entra, dès l'âge de quatorze ans, dans la maison de M. Jeanne, modeste entrepreneur d'Evreux, qui put lui donner les premières notions de travaux publics, mais qui n'avait pas un champ assez vaste pour l'activité de son jeune collaborateur. Du reste, le futur ingénieur s'initiait rapidement à tous les genres de travaux, ne se contentant pas de la besogne qui lui était attribuée, et réussissait souvent à faire mieux que ses professeurs. Il cherchait même, en dehors des petites entreprises qui lui étaient confiées, à se rendre compte des moyens plus puissants et plus productifs qui étaient employés dans les grands travaux entrepris dans les régions environnantes.

Ne se cantonnant jamais dans sa besogne personnelle, employant ses heures de loisir à combler les lacunes de son instruction, regardant tout, voyant tout, réfléchissant à tout, suivant, avec un intérêt que rien ne pouvait lasser, l'organisation et la conduite des chantiers pour la construction des routes, des ponts, des tunnels, des écluses, des barrages, des voies ferrées, etc., il s'initia, avec une merveilleuse promptitude, à toutes les opérations du génie civil.

Il entra, en 1856, dans la maison de MM. Castor et Jacquelot; poussé par le seul désir d'étendre le champ de ses études; il apportait à ses nouveaux patrons le fruit de quatorze années d'expérience.

(1) Voir les discours prononcés à ses obsèques, pages 689 et 693.

Ses chefs, rapidement édifiés sur la valeur de leur nouvel employé, ne tardèrent pas à en faire leur associé, et M. Castor, demeuré seul, lui laissa, quand il mourut, tout le fardeau de ses vastes entreprises.

Au moment où la mort de M. Castor, survenue en 1874, fit de M. Hersent le chef unique de la maison, il avait présidé ou collaboré, dans un espace de dix-huit années, à l'exécution de 85 millions de travaux, et s'était fait une place exceptionnelle parmi les propagateurs du procédé de fondations sous l'eau, à l'aide de l'air comprimé.

Ce fut une vraie révolution dans le monde savant quand on apprit le succès des fondations du pont de Kehl, exécutées à 20 *m* sous l'eau par la maison Castor, sous la conduite de M. Hersent.

Parmi les travaux auxquels M. Hersent a collaboré, à cette époque, on peut citer, outre les fondations des piles du pont de Kehl dont nous venons de parler, d'importants terrassements pour les lignes de chemins de fer : à Conflandey, à Lyon, près de Chantilly et de Soissons (entreprises Castor et Jacquelot 1856-1860); les fondations des ponts d'Argenteuil, d'Orival et d'Elbœuf, au moyen de piles tubulaires et d'air comprimé; celles des ponts d'Arles et de Saint-Gilles sur le Rhône; de Revigo, sur l'Adige, au moyen de caissons métalliques remplaçant les tubes en fonte.

Entre temps, M. Hersent, alors intéressé dans les entreprises Castor, exécutait le creusement du bassin à flot et le dérochement de l'avant-port de Boulogne-sur-Mer; les dragages pour la digue du large et des quais du port Napoléon, à Brest, la construction du viaduc de Poix et autres travaux sur la ligne de Rouen à Amiens; la confection d'un batardeau pour permettre l'agrandissement de la cale n° 5 du port de Brest et la construction d'un mur de quai dans le port de Bône en Algérie.

L'énumération des ouvrages exécutés, de 1860 à 1873, comprend encore : les fondations du pont de la Molay sur le Doubs; des ponts de Duvivier et de Bougie en Algérie; du pont tournant de Ranville, sur l'Orne, et de la Joliette, à Marseille; des ponts de Stadlau, de Linz et de Franz-Josef sur le Danube; de différents ponts sur la Durance, la Tet, l'Aar, le Rhône et la Garonne; l'exécution de dragages à Boulogne, de quais à Brest, des premiers travaux du port de Philippeville, avec le concours de M. Lesueur.

En 1873, M. Hersent devient associé de M. Castor et dirige, de concert avec M. Couvreux, son collaborateur, les grands travaux de la régularisation du Danube, à Vienne; ce qui lui valut la décoration de l'ordre de la Couronne de Fer.

La liste des ouvrages effectués, à partir de ce moment, par M. Hersent, soit seul, soit en association avec M. Couvreux, M. Lesueur, M. Langlois (un de ses plus affectionnés camarades d'enfance), et quelques autres personnes, serait trop longue, même si on ne voulait que résumer les améliorations apportées, successivement, pour la construction des caissons de fondation dont on diminuait le poids en augmentant la résistance; pour l'aménagement des dragues à godets, de manière à mieux répartir les efforts du mécanisme; en un mot, pour toutes les applications des procédés employés dans les travaux publics.

Nous ne pouvons que donner une simple énumération de ces différentes entreprises : canal de Gand à Terneuzen; écluse de Termonde; bassins n° 1 et n° 2 de Missiessy, à Toulon; ponts de Castagnède, de la Drôme et de Casamozza (Corse); écluse de chasse à Honfleur; nouveaux quais d'Anvers, sur 3500 *m* de long avec bassins de batelage, écluses, ponts, etc.; dérochement de la roche « la Rose » à Brest; fondations du pont de Cadillac sur la Garonne et du viaduc du Val Saint-Léger à Saint-Germain-en-Laye; participation à l'organisation des travaux de Panama, dans la période d'études et d'envoi de matériel; dragages dans le port de Trouville, écluses de Saint-Aubin — Jouxte — Boulleng, près d'Elbeuf; dérochements à l'entrée du port militaire de Cherbourg; fondations de deux ponts en Corse; quais sur la Seine à Elbeuf; dérochement de la Charente; canal maritime à Marans près de la Rochelle; fondations de la grue de 160 *t* à Lorient; agrandissement de la forme de radoub n° 5 à Cherbourg; construction d'un bassin de radoub à Saïgon; fondations de plusieurs ponts sur le Lot et sur la Garonne à Toulouse; écluse du Carnet dans la basse Loire; réfection de quais à Dunkerque; travaux du port de Lisbonne, etc.

Les plus beaux et les plus admirés de ces travaux sont, sans contredit, les bassins de Toulon; celui de Saïgon en fut une réédition. C'était une tentative audacieuse que l'emploi de grands caissons de 5600 *m* carrés de surface, descendus à 19 *m* de profondeur.

Il y eut, à l'apparition de ce procédé, bien des critiques et bien des controverses; mais le succès en justifia l'audace, et jamais,

pendant l'immersion de ces immenses masses, il n'y eut à constater ni une dénivellation, ni une dérivation pouvant faire craindre pour la réussite de l'entreprise.

Dans les derniers travaux que nous venons d'indiquer, M. Hersent s'était adjoint la collaboration de ses deux fils aînés, tous deux élèves de l'École Centrale ; il les associa par la suite pour l'exécution de ses entreprises, qui comprennent, depuis 1889, outre la continuation des grands travaux de Lisbonne, qui font de ce port un des mieux outillés de l'Europe, les fondations du pont du Manoir sur la ligne du Havre ; la construction des quais verticaux de Bordeaux ; la fin des travaux du port de Philippeville ; le troisième bassin de radoub de Missiessy, à Toulon, qui dépasse encore en dimensions les deux premiers ; la construction de 2 000 *m* de quais nouveaux, sur l'Escaut, à Anvers, et les travaux des ports de Bizerte, de Dakar et de Rosario.

Dans sa longue carrière, M. Hersent s'est particulièrement attaché à la transformation du travail mécanique, en cherchant à substituer au moteur animé l'emploi des machines, de manière à produire davantage et à mieux rétribuer les hommes, en leur demandant plus de travail intellectuel que de travail physique.

Du reste, partout, sur tous ses chantiers, M. Hersent se préoccupait des conditions matérielles d'existence du nombreux personnel qu'il occupait. On peut citer comme exemple ce qu'il a fait à Bizerte où, non content de créer de véritables villages pour abriter, près des carrières, la masse des travailleurs qui étaient sans logements, il contribua à donner un grand essor à la ville en y faisant édifier de véritables monuments, qui contribuaient aussi bien à sa décoration qu'au confort des habitants.

Dans ce coin de la Tunisie, où tout était à faire et où les capitaux n'osaient se risquer, il n'hésita pas à faire construire des immeubles pour le besoin des nouveaux arrivants, dont le nombre augmentait de jour en jour, et qui étaient tout heureux de trouver ainsi, pour un prix modeste, des appartements spacieux et appropriés au climat ; il dota Bizerte d'un hôtel qui n'a rien à envier à ceux des stations les plus connues d'Algérie et même de la côte d'azur ; enfin il coopéra puissamment de ses deniers à la construction de l'église de Bizerte, dont il fut à la fois l'architecte et le constructeur.

C'était un spectacle admirable de voir un homme aussi bien doué que M. Hersent, capable des conceptions les plus grandes et les plus variées, et pouvant, d'autre part, préciser, dans leurs

plus petits détails, les divers éléments des machines et des constructions.

Malgré les nombreuses entreprises dont la direction absorbait presque tout son temps, M. Hersent trouvait le moyen de s'occuper des questions les plus diverses. En qualité de concessionnaire du port de Lisbonne, il en organisa les services d'exploitation; comme Président à la Compagnie du port de Bizerte, il collabora à l'étude des taxes et des réglements.

Il était, d'autre part, Président de la Société foncière de l'Indo-Chine, dont le but est de contribuer à la prospérité des villes de notre grande colonie d'Extrême-Orient. Il était intéressé dans les Entrepôts maritimes de Bordeaux, où il avait fait construire de grands magasins avec appontements. Il s'occupait de la ligne d'intérêt local de Vichy à Cusset, dont il avait, étudié toute l'installation. Il fut encore le promoteur du Congrès national des Travaux publics qui, dans sa pensée, devait, sous le haut patronage du Ministre, coopérer à l'étude des ouvrages nécessaires au développement du commerce et de l'industrie nationale, en étendant l'action de l'initiative privée.

Enfin, fils de ses œuvres, il appartient à la catégorie des savants et des travailleurs, qui suppléent à l'instruction première par l'expérience et le génie d'intuition et étudient, dans la pratique, ce que d'autres apprennent dans les livres. Ces hommes-là ont leurs succès pour diplômes et arrivent aux situations les plus en vue; c'est ainsi que M. Hersent, s'élevant par son propre mérite, est devenu, sans être sorti d'aucune école, Président de la Société des Ingénieurs Civils de France et Officier de la Légion d'honneur.

Le génie civil fait une grande perte au moment où disparaît M. Hersent, et rien ne peut mieux marquer la place qu'il occupait, dans le monde des travaux publics, que les nombreuses marques d'illustres sympathies, qui se sont manifestées quand sa mort a été connue, tant en France que dans les divers pays où il avait porté le bon renom national.

Il laisse un grand exemple, et nous pouvons affirmer que le pays sera appelé à développer ses grandes destinées s'il produit des hommes lui ressemblant, s'inspirant de ses traditions; c'est-à-dire donnant leur vie au travail fécond, guidé par des idées saines, vigoureusement exécutées.

OBSÈQUES DE M. H. HERSENT

DISCOURS

PRONONCÉ PAR

M. H. COURIOT

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

à Paris le 28 décembre 1903.

La Société des Ingénieurs Civils de France tient à adresser un suprême adieu à son ancien Président, à un de ses membres qui, par les importants travaux auxquels il s'est consacré, a fait le plus grand honneur à la profession d'Ingénieur.

Fils de ses œuvres, Hildevert Hersent nous a donné le spectacle d'un homme sorti d'une condition modeste, qui s'est fait Ingénieur sans passer par les grandes Écoles, et qui a su, par son travail, par son énergie, par sa volonté et par son intelligence, s'élever jusqu'à la première place dans sa carrière, et occuper, avec distinction, la Présidence de la Société des Ingénieurs Civils.

Hersent s'est formé en luttant contre les difficultés de la profession d'Ingénieur, il s'est instruit à la pratique journalière des travaux; c'est dans les grandes entreprises, auxquelles il a attaché son nom, qu'il a le mieux montré les belles qualités qui l'honoraient : coup d'œil prompt, décision rapide, solutions simples et précises, persévérance et énergie dans l'action, droiture dans le caractère, grande expérience, enfin, des hommes et des choses; ses hautes qualités l'ont fait rechercher pour l'exécution de la plupart des grands travaux publics, effectués, tant en France qu'à l'Étranger, dans la seconde moitié du siècle qui vient de prendre fin.

Hersent débuta à quatorze ans, en 1842, dans l'entreprise de M. Jeanne, d'Évreux, qui l'employa successivement à des travaux de construction de routes, à des dragages, puis au percement du tunnel de Martinville; il entra ensuite dans l'entreprise de MM. Castor et Jacquelot, qui se l'associèrent, en 1860; il

trouva là un champ d'action plus en rapport avec son activité et avec sa vive intelligence. C'est à ce moment qu'il exécuta, à l'air comprimé, dans des conditions particulièrement délicates pour l'époque, les fondations du pont de Kehl, sur le Rhin, procédé alors tout nouveau, qu'il appliqua, ultérieurement, avec grand succès, à des fondations importantes de ponts et de murs de quais. Il entreprit, en même temps, de nombreux travaux à la mer dans les ports de Brest, Boulogne, Fécamp, Bône et Marseille.

Plus tard, nous le voyons, prenant avec MM. Castor et Couvreux père, à Vienne, la grosse responsabilité de l'entreprise de la régularisation du Danube, et, avec M. Lesueur, l'exécution du port de Philippeville, en Algérie. Quelque temps après, il crée, dans le port de Toulon, deux bassins de radoub de 127 *m* de longueur sur 35,5 *m* de largeur, construits chacun au moyen d'un unique caisson métallique, de près de 6000 m^2 de surface, descendu à 19,30 *m* de profondeur, principe que l'on doit à son imagination et qui n'a encore été appliqué que par lui dans des proportions aussi importantes.

Ensuite, nous le trouvons dérasant la roche, dite "la Rose", dégageant ainsi l'entrée du port militaire de Brest. En même temps, il fait d'importants travaux dans l'arsenal de Cherbourg, et construit, en Cochinchine, à Saïgon, pour la Marine française, un énorme bassin de radoub, d'après les mêmes procédés que ceux de Toulon.

En 1887, il entreprend d'un seul coup de très importants travaux, à Lisbonne, où il régularise la rive droite du Tage, au pied même de la ville, sur environ 8 *km* de longueur, et y crée, de toutes pièces, un grand port moderne, muni de tout l'outillage approprié pour l'accostage à quai, le radoubage et la réparation des plus grands navires. Dans la suite, le Gouvernement portugais lui confia même la concession de l'exploitation de ce port.

A peu près en même temps, il construisait les nouveaux quais de Bordeaux.

Il n'est pas sans intérêt de rappeler, ici, l'énorme projet, presque titanesque, dont il avait conçu la réalisation avec M. Henri Schneider, du Creusot; je veux parler de la construction d'un pont sur la Manche. Ce problème, colossal par ses proportions et ses difficultés, dont l'idée revient à Thomé de Gamont, avait trouvé par lui, une solution simple, et il recherchait, depuis,

l'occasion de fonder une énorme pile ou soubassement de phare, en pleine mer ou dans un détroit, par 40 à 50 *m* de profondeur d'eau, pour pouvoir démontrer ainsi la possibilité, dont il était convaincu, de pouvoir amener à sa place, en toute sécurité, une pareille pile, construite à l'abri d'un énorme caisson métallique.

J'ai déjà signalé en ce qui concerne son œuvre à l'étranger, les importants travaux de régularisation du Danube, devant Vienne, et ceux du port de Lisbonne. Je dois ajouter qu'Anvers lui est redevable de ses belles installations maritimes, comprenant 3 500 *m* de quais, en eau profonde, sur la rive droite de l'Escaut, de son bassin de battelage, encadré de 1,5 *km* de quais; de ses écluses et ponts exécutés de 1878 à 1884 en collaboration avec M. Couvreux père et, après coup, en collaboration avec ses fils, de la construction des quais du sud, s'étendant sur 2 000 *m* de longueur.

L'un des fondateurs, ou plutôt des créateurs du port de Bizerte, dont la situation dans la Méditerranée, a une si haute importance stratégique, il consacra ses dernières années à la construction de ce port et à l'agrandissement de la ville nouvelle.

Il avait aussi entrepris, avec ses deux fils aînés : les travaux du port militaire de Dakar, les agrandissements que l'on achève, en ce moment, dans le port de Bizerte, la construction du port de l'arsenal de Sidi-Abdallah, dans le lac de Bizerte; aussi peut-on dire qu'Hersent, n'a pas seulement honoré le Génie civil français dans le monde entier, mais qu'il a contribué à accroître la puissance militaire de nos principaux ports de guerre, au grand profit de notre défense nationale.

Je ne saurais énumérer toutes les entreprises de notre regretté ancien Président, exécutées, soit seul, soit avec le concours des Collaborateurs dont j'ai cité les noms, et, en dernier lieu, avec la coopération de ses fils, ses associés depuis plus de dix ans, qui poursuivront, avec les belles traditions de travail et d'honneur de leur père, ce précieux patrimoine qu'ils recueillent, les œuvres actuellement en cours à Dakar, à Bizerte, à Lisbonne et à Rosario dans l'Argentine, où leur maison avait obtenu avec MM. Schneider et C^ie^, il y a un an, la concession du port.

Dans ces derniers temps, conscient plus que personne par sa grande expérience et sa connaissance des progrès réalisés à l'étranger, de la nécessité où se trouvait notre pays de faire un effort pour l'amélioration de l'outillage national, Hersent avait eu

l'idée d'organiser un Congrès national des Travaux publics; ce Congrès devait, dans sa pensée, permettre de grouper, au profit de tous, les éléments si divers d'activité, de production et d'initiative privée, et réunir, en même temps que les Ingénieurs les plus éminents de notre Corps des Ponts et Chaussées, les Ingénieurs civils les plus autorisés par leur expérience personnelle, afin de discuter, librement et en dehors de toute contrainte officielle, le degré d'opportunité et d'urgence des grands travaux nationaux de ports, de canaux et de chemins de fer, dont l'exécution s'imposait pour le plus grand développement économique de notre pays. Ce rapprochement, en un effort commun et désintéressé de toutes les facultés productives de l'Administration et de l'initiative privée, eut un véritable succès, et la Société des Ingénieurs Civils ne peut que s'honorer d'avoir participé à cette belle œuvre de bien public en mettant son hôtel à la disposition des deux premiers Congrès, qui furent présidés par Hersent avec autant d'autorité, que de calme, de jugement et de bon sens.

Travailleur infatigable, Hersent a mis en pratique, toute sa vie, cette belle définition du travail, qu'il formulait en 1886, lorsqu'il prenait place à la Présidence de la Société des Ingénieurs Civils : « Le travail, disait-il, est la somme des occupations intellectuelles et manuelles que chacun de nous peut et doit produire. L'amour du beau, l'amour du bien, l'amour d'autrui, poussent au travail, et ceux qui obéissent à une de ces impulsions, sont les heureux de ce monde ». Heureux, Hersent l'a été, car il a obéi, non pas à l'un des trois mobiles qu'il indiquait, mais à la triple impulsion qui fait naître, suivant lui, le travail, et, pour ce motif, il est un des hommes, qui ont le plus produit, un des Ingénieurs qui, par la grandeur de leur œuvre, la simplicité de leurs conceptions, la puissance de leur activité, ont le plus contribué à faire apprécier dans le monde entier le Génie civil français.

Hersent ajoutait : « Le travail est discret de sa nature et ne recherche pas le bruit ». Ses paroles ne sont que le reflet des sentiments intimes, qui l'ont toujours animé; si Hersent a beaucoup travaillé, ce n'était pas pour faire parler de lui, mais pour faire le bien et pour rendre service à son pays, car il était, avant tout, un modeste, il était toujours plein de bienveillance pour ceux qui l'approchaient; son affabilité inépuisable, se trahissait sur sa figure large, ouverte et franche révélant l'homme d'ac-

tion, mais qui, accueillante, mettait à l'aise les jeunes Ingénieurs, heureux de trouver, auprès du grand praticien, les conseils autorisés, les avis éclairés, qu'il leur donnait avec tant de complaisance et de cordialité.

Tel était l'homme, bon et simple dans la vie privée, aimant et dévoué dans la vie intime, au jugement droit et sûr dans les affaires, dont nous déplorons la perte, arraché, dans la plénitude de ses facultés physiques et intellectuelles, à l'affection des siens, à l'admiration de ses Collègues, au respect et à la considération de tous !

Puisse l'hommage rendu à sa mémoire, qui restera toujours vivante parmi nous, adoucir, pour sa famille, l'amertume d'une cruelle séparation, atténuer une douleur qui ne peut être consolée, mais qui escompte, au delà de la tombe, la réconfortante espérance du revoir.

DISCOURS

PRONONCÉ PAR

M. A. MAURY

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

à Nacqueville, le 29 décembre 1903.

MESDAMES, MESSIEURS,

Avant que cette tombe ne se ferme, je viens, au nom de tous les Collaborateurs de M. Hersent, adresser un suprême adieu à celui qui fut leur Chef aimé et respecté ; à celui qui les a si longtemps conduits et dirigés dans la carrière qu'il a, lui-même, parcourue avec tant d'éclat.

Ce qu'a été cette carrière, une voix plus autorisée que la mienne l'a déjà dit et en a énuméré les glorieuses étapes, mais nul mieux que nous ne peut attester quelle intelligence lucide, quelle organisation puissante, quelle étonnante facilité de travail M. Hersent apportait dans la conception et l'exécution de ses œuvres.

J'ai dit conception, et, en effet, M. Hersent n'a pas seulement

été un constructeur de premier ordre, il a été aussi, et surtout, un créateur. Que d'études il a faites dans sa vie, que de projets élaborés, que de procédés nouveaux il a conçus, que d'appareils construits de toutes pièces ou transformés. Aussi la Société des Ingénieurs Civils l'avait-elle, à juste titre, nommé son Président.

Il n'avait, il est vrai, aucun diplôme, mais c'était cependant bien un véritable Ingénieur : dans les questions techniques, une claire intuition suppléait toujours, chez lui, à l'absence des connaissances spéciales.

Son labeur a été immense; il a tracé son nom en caractères impérissables dans toutes les parties du monde.

La vaste capacité de son esprit suffisait toujours à mener de front, sans faiblesse, plusieurs grosses affaires, et cette activité ne s'est jamais démentie; il travaillait encore quelques heures avant sa mort. C'est maintenant seulement qu'il se repose. On peut bien dire de lui qu'il est tombé debout; sa belle intelligence n'a jamais failli.

Belle fin d'une telle vie.

En arrivant au terme de sa carrière, il a pu se retourner vers le passé et mesurer avec fierté le chemin parcouru et il a eu la rare satisfaction de savoir que son œuvre serait continuée. Ses fils reçoivent de lui le lourd héritage d'un grand nom; ils se sont dignement préparés à en soutenir l'honneur; ils n'en démériteront pas.

Pour nous, ses Collaborateurs, nous n'oublierons pas les leçons et les exemples de notre Chef vénéré, ni les conseils que nous avons reçus de sa haute expérience. Nous conserverons toujours pieusement sa mémoire.

Nous adressons, en ce triste jour, nos plus respectueux hommages à la noble et vaillante femme qui a été la compagne dévouée de toute sa vie. Qu'elle reçoive ici, ainsi que ses fils, le témoignage de notre douloureuse condoléance. Puissent les unanimes regrets et la sympathie universelle qui accompagnent la dépouille mortelle de celui que nous pleurons tous, adoucir un peu l'amertume de cette cruelle séparation.

Et maintenant, mon Cher Monsieur Hersent, mon Cher Maître, encore une fois Adieu et au Revoir.

CHRONIQUE

N° 288.

Sommaire. — L'automobile et le chemin de fer. — Prix de revient de la force motrice *(suite et fin)*. — Sir Frederick Bramwell. — Tubes de chaudières en acier au nickel. — Percement du tunnel en hélice de Varzo. — Fondations par asséchement du sol. — Progrès dans la fabrication du carbure de calcium.

L'automobile et le chemin de fer. — Nous trouvons, dans l'*Engineering Magazine*, un article dû à la plume de M. Sylvester Stewart, dans lequel les rôles respectifs de l'automobile et du chemin de fer, comme moyens de transport, sont nettement définis, et qui fait justice de certaines exagérations qu'on voit trop souvent mettre en avant.

L'auteur prend à partie Sir Henry Norman, Membre du Parlement, et éditeur de l'édition anglaise de *The World's Work*, au sujet d'un article dithyrambique paru sous sa signature, dans le numéro d'avril 1903 de cette revue, avec le titre : « Ce qui adviendra des chemins de fer ». Il explique qu'en répondant à Sir Henry Norman, il répondra, par là même, à toute une série d'écrivains de la même école, dont l'un mettait, dans un article du numéro de mai dernier du *Munsey's Magazine*, cette phrase épique : « Si vite que puisse aller une locomotive, l'automobile peut la dépasser ».

L'article de *The World's Work* a pour objet d'expliquer que l'automobile tuera le chemin de fer ; l'auteur se demande pourquoi la communauté s'obstine à dépenser des sommes considérables pour la construction et l'entretien de voies spéciales et de stations centrales de force, quand des voitures automobiles, réalisant des vitesses égales, présentant la même commodité, la même capacité, et ne coûtant pas davantage, peuvent faire un service équivalent sur les voies publiques, sans, grâce à leur facilité de manœuvre, gêner en rien le trafic ordinaire. Il ajoute : « Bien peu des personnes qui prétendent influencer l'opinion publique se doutent que nous sommes à la veille d'une transformation plus considérable que celles qu'ont créées Watt et Stephenson ».

La traction d'un véhicule sur la meilleure route macadamisée exige un effort au moins quadruple de celui qui est nécessaire sur rails métalliques, et, sur certaines routes de ce genre, il faudra un effort huit fois plus grand. Le rail est, sous le rapport de la traction, aussi supérieur au macadam, que celui-ci l'est au sol naturel. L'effort nécessaire pour traîner une tonne sur rails, avec des roues de grand diamètre et des fusées réduites, peut être abaissé à moins de 2 *kg* par tonne, de niveau, de sorte qu'un animal de faible taille, tel qu'un chat, un chien de salon ou un coq, pourrait traîner un homme dans de telles conditions.

Une voiture à moteur, qui ne pourrait que se déplacer elle-même sur

la meilleure route macadamisée, remorquerait sur rails, à vitesse égale, un long train, en supposant qu'elle fût portée sur des roues à jante plate dans le premier cas, et sur des roues à boudins dans le second.

L'emploi de rails métalliques pour la circulation des véhicules, a opéré dans le monde une transformation plus considérable qu'aucun autre progrès : il a développé le commerce, étendu la civilisation, assuré la paix et rapproché les peuples.

C'est le rail, beaucoup plus que la locomotive, qui a amené ces merveilleux changements, car la locomotive sans le rail a donné peu de résultats, tandis que le rail, sans la locomotive, c'est-à-dire avec la traction animale ou la traction par câble, permet de transporter les voyageurs à bien meilleur marché qu'avec n'importe quel système de transport sur route. Et il faut dire à ce sujet que ces derniers systèmes n'ont rien à payer pour la construction et l'entretien des chaussées, qui sont à la charge de la communauté, tandis que les tramways ont à pourvoir à l'entretien, non seulement de leurs voies, mais encore du pavage des rues entre les rails, et à l'usure amenée par la circulation des autres véhicules, sans compter souvent le paiement de taxes spéciales.

Pour le transport des marchandises, le coût de la traction par locomotives routières est d'au moins 30 centimes par tonne et par kilomètre, alors que, sur les chemins de fer, le prix du transport s'abaisse à 3 ou 4 centimes, et dans ce chiffre est compris l'entretien de la voie et l'intérêt du capital d'établissement, tandis que, dans le cas du transport sur route, les frais de construction et d'entretien de la chaussée sont à la charge de la communauté.

On dira peut-être que les tarifs très bas des chemins de fer sont dus au transport en masses et à longue distance. C'est vrai, mais le transport en masses n'est rendu possible que par le rail, et, si on prend les transports à faible distance, on trouve que le chemin de fer les effectue encore à une vitesse cinq fois plus grande que la locomotive routière, et à un prix qui va du cinquième au dixième du prix de celle-ci.

Sir Henry Norman et son école demanderont pourquoi le chemin de fer, avec tous ses avantages, ne transporte pas les voyageurs à des prix moins élevés. C'est parce qu'il leur assure un confortable tel et les fait circuler à une vitesse telle qu'il arrive à traîner un poids d'une tonne et plus par tête de voyageur. Une locomotive pesant 100 *t* remorque, à 70 *km* à l'heure, 12 voitures pesant 600 *t* et contenant 760 personnes du poids collectif de 45 *t*, à raison de 60 *kg* par tête pour la moyenne des hommes, femmes et enfants, ce qui donne 850 *kg* par tête, en supposant toutes les places occupées; mais il ne faut généralement pas compter plus des 70 0/0, ce qui donne 1 200 *kg* par voyageur.

Le chemin de fer transporte les bagages des voyageurs, bagages qui comprennent souvent des malles de 70 *kg*; il met à leur disposition des toilettes, des compartiments bien chauffés et éclairés, des fumoirs, des restaurants, des lits. Ces appartements sur roues, et les locomotives qui les traînent, doivent être faits très lourds pour pouvoir supporter des vitesses considérables. Si le chemin de fer pouvait se dispenser de ces exigences, qu'entraîne le degré actuel de civilisation, et transporter les voyageurs dans les conditions des anciennes diligences, et à la vitesse

de celles-ci. ses tarifs seraient du dixième au vingtième de ceux de ces anciens et inconfortables véhicules.

On peut rendre justice au pittoresque des diligences, sans avoir aucune envie d'y monter, et beaucoup de gens les regrettent tout haut, tout en étant enchantés de les avoir vues disparaître. Il n'est pas contestable que, pour un court trajet par beau temps, la diligence d'autrefois et l'automobile d'aujourd'hui, ne constituent un moyen de transport agréable. Mais, pour protéger les voyageurs contre la poussière, le vent, la pluie, le froid, et leur fournir de l'air frais, introduit par des ouvertures placées à 2 *m* au moins au-dessus du sol, comme les voitures de chemins de fer, l'automobile devrait peser autant que ces voitures, ce à quoi il est peu probable qu'on arrive jamais. Au contraire, on recherche la légèreté dans leur construction; on les fait peu ou point couvertes, et on s'en remet à la Providence pour le temps. Lorsqu'on voit un automobiliste couvert de boue ou trempé par la pluie, on pense à ce personnage qui, conduit par des amis au théâtre, leur disait, après trois heures d'une tragédie larmoyante : « C'est là ce que vous appelez s'amuser! »

Si l'énorme trafic à longue distance d'un chemin de fer, trafic dont une grande partie a lieu de nuit, devait s'effectuer sur route, cette route devrait être éclairée dans toute sa longueur, ou chaque véhicule devrait porter des fanaux aussi et même plus puissants que ceux des locomotives. Comme une locomotive routière ne peut pas décrire des courbes en remorquant plus de deux voitures, il faudrait en employer un nombre colossal, ce qui, rien que pour l'éclairage, représenterait déjà une dépense très élevée.

La question du confort, de la capacité et de l'économie se trouvant, par ce qui précède, tranchée en faveur du chemin de fer, reste celle de la vitesse. La vitesse la plus élevée qui ait été atteinte par une automobile construite spécialement pour courses, et consacrant une puissance de 70 *ch* et plus au transport de deux personnes, est de 1 mille en 46 secondes, soit 126 *km* à l'heure, vitesse dépassée par des locomotives attelées à des trains; des locomotives seules ont réalisé des vitesses de 180 *km* à l'heure. Quelle vitesse pourrait-on attendre d'une automobile remorquant trois voitures remplies de voyageurs, et quelle serait la dose de poussière que devraient respirer ces infortunés si le trafic de la route qu'ils parcourent atteignait l'intensité de celui d'un chemin de fer.

La facilité de tourner dans les courbes de voitures attelées à une locomotive routière, est assez problématique, ces voitures suivant un parcours ondulé, ce qui exige une certaine distance entre les voitures qui se croisent, et empêche de dépasser des vitesses très modérées. On peut considérer une vitesse de 100 *km* comme sans danger sur un chemin de fer, tandis qu'une de 25, qui serait nécessaire pour réaliser sur route un trafic approchant de celui d'une voie ferrée, ne saurait offrir une sécurité suffisante. Les trains se croisent sur les voies parallèles des chemins de fer, et les accidents y sont rares; ils le seraient encore plus si les vitesses étaient réduites à 25 *km*, le maximum que la prudence permette d'accepter sur route, dans les conditions indiquées ci-dessus.

Sir Henry Norman insiste sur le coût énorme d'établissement des chemins de fer et tramways. Si on considère l'importance du trafic, ce coût

est relativement faible. Il faudrait cinq des plus grands omnibus automobiles qui aient été construits, pour porter autant de personnes qu'une voiture de tramway à trolley. Les routes actuelles ne pourraient résister à la circulation de voitures automobiles assez grandes pour porter les 70 voyageurs que reçoit un car de tramway. Le service des petits véhicules est trop onéreux. Un wattman et un conducteur suffisent pour 50 voyageurs et plus. Si les locomotives de 100 *t* devaient circuler sur des routes, la dépense d'établissement de celles-ci serait plus élevée que celle d'un chemin de fer, où le rail et les traverses répartissent la charge sur une très grande surface, ce qui n'est pas le cas pour la circulation sur route. On objecte, par contre, que l'adhérence sur le macadam étant bien plus grande que sur le rail, la locomotive n'aurait pas besoin d'être aussi lourde à effort de traction égal. Mais la résistance au roulement est aussi bien plus grande sur le macadam, et on trouve, en tenant compte des deux effets, que la locomotive sur route devrait finalement peser le double, et dépenser dans la même proportion plus de combustible que sur chemin de fer.

Il est difficile de rien dire sur la durée comparative des rails et du macadam ; mais on peut estimer à quatre ou cinq ans la vie d'une locomotive routière, tandis que celle d'une locomotive de chemin de fer est de quinze à vingt ans au moins.

Disons un mot de la transformation plus considérable que celles qu'ont créées Watt et Stephenson, à la veille de laquelle nous serions, d'après Sir Henry Norman.

Le premier de ces grands hommes a créé le moteur à vapeur pratique, le second l'a posé sur des rails, et a prouvé qu'il pouvait ainsi dépasser en économie et en vitesse tous les moyens connus de transport, même avec des rails coûtant 14 fois autant, à durée égale, que les rails actuels. En effet, les rails en fer coûtaient alors le double du prix de nos rails d'acier et duraient sept fois fois moins.

On a beaucoup amélioré les véhicules depuis Stephenson, mais les améliorations ont porté sur les diverses classes de véhicules. Avec des roulements à billes, une voiture peut descendre par son propre poids une rampe de 8 0/00 sur une route macadamisée de la meilleure qualité ; sur rails, elle en descendra une de 2 0/00, déclivité tellement faible qu'elle est à peine perceptible à l'œil. Des véhicules établis dans ces conditions pourraient desservir des chemins de fer agricoles, mus à bras d'hommes ou mus, dans certains cas, à l'aide de voiles. Si les voiles peuvent propulser à 25 *km* à l'heure un bateau, elles assureront sur rails la même vitesse à un véhicule cinq fois plus lourd. L'effort qu'exerce un cycliste pour courir à 15 *km* à l'heure sur une route, suffira pour lui faire transporter 400 *kg* de beurre, d'œufs, légumes, etc., à la même vitesse, avec un véhicule et une voie appropriés ; il traînerait une charge de près de 1 000 *kg*, à 8 *km* à l'heure.

L'auteur ne conteste pas un seul instant le grand avenir qu'a l'automobile. Sa mission principale est de rendre les rues propres. La traction animale ne convient pas pour les villes ; elle est encombrante, coûteuse, inhumaine et même dangereuse. Mais, quels que soient les perfectionnements que puisse recevoir ultérieurement l'automobile, il n'en est

pas moins vrai que telle voiture de ce genre qui portera dix personnes sur la meilleure route macadamisée, en portera quarante ou 4 *t* de marchandises sur rails avec la même quantité de combustible. Au lieu de supprimer les voies ferrées, l'automobile est appelée à amener la création de voies légères dans un nombre infini de localités, les voitures pourront recevoir des dispositions susceptibles, par un guidage convenable, de les faire circuler à volonté avec ou sans rails. L'automobile, loin d'être une menace pour les chemins de fer, en deviendra un précieux auxiliaire.

L'automobile n'a pas de plus grands ennemis que quelques-uns de ses plus fervents partisans, qui, dans leur enthousiasme irréfléchi, veulent lui faire remplir un rôle qui n'est pas le sien. Sur route, elle ne sera jamais qu'un instrument de sport et jamais un engin de transport économique, parce que la résistance à la traction sur toute autre surface que celle d'un rail métallique est trop grande et ne permet pas des tarifs assez bas.

On a récemment recommandé l'emploi de bandes d'acier de 0,30 *m* de largeur sur lesquelles rouleraient les jantes plates des véhicules. Ce système est coûteux et son efficacité médiocre, parce que la boue y adhère; il gêne la circulation des chevaux; néanmoins, il présente certains avantages et, lorsque les chevaux auront été expulsés de l'intérieur des villes, on pourra en tirer parti. En effet, même avec la surface moins nette que celle du rail, un homme pourra encore pousser sur bandes métalliques la charge que traînerait un cheval dans une rue médiocrement pavée. Lorsque les gens objecteront qu'ils n'ont pas les moyens d'acheter une voiture à moteur, on pourra leur répondre qu'ils n'ont, après avoir vendu leurs chevaux, qu'à acquérir une voiture avec roulements à billes et à la pousser eux-mêmes, en attendant qu'on mette à leur disposition des trottoirs roulants ou des câbles sans fin.

Prix de revient de la force motrice *(suite et fin)*. — Le rapport dont nous avons exposé ci-dessus la partie essentielle, a soulevé, de la part de MM. Th. Schlumberger et Daniel Mieg des observations dont le résumé se trouve dans le procès-verbal du Comité de mécanique de la Société Industrielle de Mulhouse, du 23 septembre 1903.

Ces messieurs rappellent que le rapport commence par établir le prix de revient de la force hydro-électrique rendue à la machine ou au groupe de machines qui doit l'utiliser, étant donné que le prix de vente, à Mulhouse, du cheval-an hydro-électrique indiqué par les auteurs du projet est de 125 *f*. Le rapport se base, pour cela, sur une installation de 1 000 *ch*, faite récemment dans un établissement de blanchiment et d'impression du rayon de Mulhouse et qui a coûté 300 000 *f*. Il ajoute donc au prix de 125 *f* les frais d'intérêt et d'amortissement de cette somme de 300 000 *f*, soit 30 *f* par cheval, ce qui fait 155 *f* et, en admettant un rendement de 90 0/0, 172 *f*, ce qui est parfaitement justifié.

Le rapport établit ensuite le prix de revient du cheval-an avec moteurs à vapeur de diverses puissances et un moteur à gaz pauvre, et arrive aux chiffres suivants :

Machine à vapeur de	1 000 *ch*	effectifs.	111,24 *f*
—	500	—	138,29
—	100	—	208,00
—	100	—	198,28

De la comparaison de ces prix avec celui de 172 *f* pour le cheval hydro-électrique, le rapport conclut que ce n'est que jusqu'à 200 ou 300 *ch* qu'il pourra y avoir avantage à prendre la force hydro-électrique.

Or il est facile de voir que cette comparaison n'est pas exacte, car, d'une part, on a pris le prix de revient de la force sur l'arbre du volant du moteur à vapeur et, d'autre part, le prix de revient de la force hydro-électrique rendue aux machines qui doivent l'utiliser.

Si nous considérons seulement l'établissement de blanchiment et impression en question, qui produit lui-même son courant électrique de 1 000 *ch* par un moteur à vapeur, son prix de revient par cheval s'établit évidemment comme suit, en procédant de la même manière qu'il a été fait dans le rapport.

Prix de revient du cheval sur l'arbre du volant d'une machine à vapeur de 1 000 *ch* : 111,24 *f*; intérêt et amortissement de l'installation des dynamos primaires : 65 000 *f*, à 10 0/0, 6,50 *f*, ce qui donne 117,74 *f*; en y ajoutant, comme dans le rapport, 30 *f* par cheval pour réceptrices, etc., nous arrivons à 147,74 *f* et, avec un rendement de 90 0/0 également comme dans le rapport, à 164,14 *f*, contre 172 *f* pour le cheval hydro-électrique.

Il en résulterait que ce n'est pas jusqu'à 200 ou 300 *ch*, comme le dit le rapport, mais seulement jusqu'à 900 *ch* environ, dans ce cas particulier, qu'il y aurait avantage à prendre la force hydro-électrique. Ce chiffre pourrait évidemment varier un peu suivant la nature et la tension du courant fourni, d'une part par la station centrale, d'autre part par la station privée, et qui pourrait nécessiter des frais de transformation du courant différant un peu l'un de l'autre.

Les autres observations portent surtout sur les avantages que présente la jonction à une station électrique et que le rapport ne mentionnait pas. L'abonné, qui reçoit son courant au compteur, ne paye que le courant réellement consommé, tandis que s'il produit lui-même son énergie, il est obligé d'être installé pour une force plus grande que celle qu'il consomme en moyenne. Il a toute facilité pour faire des déplacements ou des augmentations de matériel qui, avec un moteur à gaz, seraient très coûteuses ou souvent impossibles.

En réponse aux observations de MM. Schlumberger et Mieg, M. Goerich fait remarquer que, dans son rapport, la commission chargée de l'examen du projet de MM. Koechlin et consorts avait comparé le prix de revient du cheval-an, rendu sur l'arbre de dynamos réceptrices supposées alimentées par la future station hydro-électrique, et non pas rendue aux machines qui doivent l'utiliser, avec celui du cheval-an produit par les moteurs à vapeur de différentes puissances. Dans les deux cas, il faut des transmissions, en quantité variable suivant les cas particuliers : la seule différence consiste en ce que, dans le premier cas, il y a plusieurs moteurs, dans le second cas, un seul moteur. Il est

évident que, si l'on superpose un moteur à vapeur au transport de force électrique, le prix du cheval augmente notablement.

Il ajoute encore que le prix admis pour le cheval-électrique rendu aux réceptrices, est plutôt modéré. En admettant que le prix de vente de 125 *f*, rendu à Mulhouse, soit réellement réalisable, ce qui, étant donné tout l'aléa d'une entreprise aussi considérable, parait douteux, il ne faut pas oublier que ce prix s'entend pour le courant rendu, à haute tension, aux portes de Mulhouse. Il y a lieu d'y ajouter les frais de transformation, de transport à l'usine, et à tenir compte des pertes qui en résultent.

M. Goerich ne partage pas l'avis de M. Daniel Mieg, qui estime qu'une transmission mécanique donne lieu à une perte plus grande qu'une transmission électrique ; en général, ce serait, d'après lui, plutôt l'inverse. Les applications importantes du transport électrique, faites dans les dernières années dans les usines de la Société alsacienne, applications qui représentent aujourd'hui une puissance de plus de 3 000 *ch*, le portent à croire que le rendement de nombreuses dynamos éparpillées dans une usine, appelées souvent à faire un travail très variable, laisse bien à désirer.

Il lui semble enfin que la question de savoir dans quel cas un industriel aura ou non avantage à prendre sa force motrice à une centrale électrique, restera toujours une question d'opportunité et d'appréciation personnelle ; elle dépendra des conditions qui lui seront faites, de ses convenances personnelles, etc., et il croit que la commission a appuyé suffisamment, dans ses conclusions, sur les avantages de la transmission électrique pour qu'on ne puisse la taxer de partialité.

Sir Frederick Bramwell. — Dans la dernière chronique, nous avons consacré quelques lignes à la mémoire de deux membres étrangers de notre Société, Edward Woods et Robert Thurston. Nous avons aujourd'hui à remplir le même devoir au sujet d'un autre de nos sociétaires étrangers, Sir Frederick-Joseph Bramwell, décédé à Londres, le 30 novembre dernier, dans sa quatre-vingt-sixième année, après une longue et très brillante carrière.

Notre Collègue était né à Londres en 1818 ; aussi se plaisait-il à rappeler qu'il était du même âge que l'Institution of Civil Engineers dont il devait devenir un des présidents ; il était le second fils d'un banquier de la Cité. Son frère aîné n'avait pas plus que lui suivi la carrière paternelle ; il devint lord Bramwell, un des membres les plus distingués de la magistrature anglaise et est mort il y a quelques années.

Frederick Bramwell fit ses études au collège d'Enfield et entra, en 1834, en apprentissage chez John Hague, un des bons constructeurs de machines de l'époque, établi dans Cablestreet, à Blackwall, et qui s'occupait de travaux divers et, notamment, du matériel pour les ports et les arsenaux. John Hague avait construit, dès 1828, une grue actionnée par l'air raréfié et avait proposé l'emploi général de ce mode de transport de force pour les docks de Sainte-Catherine, à Londres. Une machine à vapeur, avec distribution perfectionnée, de ce constructeur, fournie à l'arsenal de Woolwich, est décrite dans un des suppléments

au Traité des Machines à vapeur de Tredgold. Une fois son apprentissage terminé, Bramwell resta dans la maison et y devint chef du bureau des études. Il avait, paraît-il, une grande aptitude pour le dessin et un talent particulier pour le dessin à main levée dont il exécutait encore dans ses dernières années des spécimens très réussis. C'est au cours de son séjour chez Hague qu'il eut occasion de prendre part, vers 1838, aux expériences de Hancock sur les voitures à vapeur, ce qui lui permettait de se vanter d'être probablement le doyen des automobilistes existants. Il quitta la situation qu'il avait chez John Hague pour prendre la direction d'un petit atelier de construction situé au bord de la Tamise, dans le quartier qu'on appelle l'Ile des Chiens. Ce fut à la même époque qu'il se maria avec une de ses cousines germaines. Il faut croire qu'il ne fit pas des affaires très brillantes au point de vue pécuniaire, car il avait l'habitude de dire que, jusqu'à l'âge de 40 ans, il n'avait jamais gagné plus de 400 livres (10000 *f*) par an. En revanche, à défaut d'argent, il avait acquis une notoriété technique qui s'étendait de jour en jour et préparait le succès qu'il obtint dans la nouvelle carrière qu'il embrassa en 1853, et à laquelle il resta fidèle jusqu'à la fin de sa vie, celle d'Ingénieur-conseil ; en effet, notre Collègue était encore, à sa mort, l'associé principal de la maison Bramwell et Harris, Ingénieurs-conseils à Westminster. Nous indiquions, dans la chronique de juin 1902, que cette maison avait été chargée de l'étude et de la surveillance de l'exécution des installations nécessaires pour la distribution de l'énergie électrique dans le sud du Pays de Galles, travail considérable, actuellement en cours d'exécution.

Dans l'exercice de cette profession, notre Collègue eut à aborder un nombre infini de sujets, mais ce fut surtout sur les questions litigieuses que se porta son attention et il ne tarda pas à devenir un des premiers experts du Royaume-Uni ; on peut dire qu'il n'y a pas eu, depuis quarante ans, en Angleterre, un litige sérieux impliquant des questions techniques, dans lequel Bramwell n'ait pas eu à donner son opinion. Cette notoriété avait amené son introduction dans toutes les commissions officielles appelées à étudier les questions importantes, par exemple : les patentes d'invention, les explosions de chaudières, l'éclairage électrique, etc., il faisait même partie du Comité d'artillerie.

Il n'est pas à notre connaissance qu'il ait jamais écrit d'ouvrage, mais il a fait un nombre considérable de communications aux Sociétés savantes dont il faisait partie et a prononcé quantité de discours ou adresses dont quelques-unes ont une réelle importance. Il parlait très bien et avait une réputation d'esprit méritée; aussi, quand on savait qu'il devait prendre la parole dans une réunion, y allait-on avec empressement pour avoir le plaisir de l'entendre. Sa mémoire prodigieuse lui permettait de citer à l'improviste, au cours d'une discussion, des faits inconnus ou oubliés se rapportant au sujet sur le tapis et des antériorités lointaines.

On cite de sa part des boutades humoristiques très originales et nous n'oserions pas jurer que sa fameuse déclaration faite dans la réunion, à York, en 1881, de l'Association Britannique, savoir que la machine à vapeur jouissait de son reste et que dans cinquante ans on n'en trou-

verait plus d'exemplaires que dans les musées et conservatoires où ils figureraient à titre de souvenirs historiques et d'objets de curiosité, ne pourrait pas être considérée comme rentrant dans cette catégorie. Il ne resterait plus, en effet, que vingt-sept ans pour amener la disparition totale de la machine à vapeur.

Des communications auxquelles nous avons fait allusion ci-dessus, nous n'en retiendrons qu'une, présentée le 30 juillet 1872 dans la réunion, à Liverpool, de l'*Institution of Mechanical Engineers*, et dont le sujet était l'économie de combustible réalisée dans la marine par l'emploi des pressions élevées et de l'expansion dans des cylindres séparés. C'était le premier travail, un peu complet et fortement documenté, publié sur cette importante question, ce qui nous engagea à le traduire, avec l'autorisation de l'auteur, pour les Bulletins de notre Société. L'étude que nous avions dû faire de ce travail nous avait indiqué la nécessité de le compléter par des considérations générales sur l'expansion multiple d'une part et, de l'autre, par l'addition de détails sur le rôle joué dans l'introduction de ce progrès par d'autres constructeurs que ceux de la Grande-Bretagne. Ces points sur l'importance desquels nous croyons inutile d'insister ont fait l'objet d'une étude séparée et l'ensemble des deux notes forme un mémoire qui figure dans le volume de 1873 des Bulletins de notre Société. Ce mémoire constitue, croyons-nous, un des premiers ouvrages pratiques publiés sur le sujet des machines compound de marine et, il paraît avoir répondu à un besoin, car, on nous permettra de le dire ici, le tirage à part édité par la maison Arthus Bertrand a été complètement épuisé en quelques mois, chose assez rare, comme on sait, pour un ouvrage technique, et il est depuis longtemps impossible de s'en procurer un exemplaire.

Nous ajouterons que les relations ébauchées avec M. Bramwell au sujet de cette collaboration furent sanctionnées par la connaissance personnelle que nous fîmes de lui, en 1875, lors de son retour d'Égypte, où il avait accompagné Sir John Fowler dans un voyage d'affaires. Nous profitâmes de cette rencontre pour le faire entrer à la Société des Ingénieurs Civils, où il fut présenté par M. Lavalley, alors Président, M. Bergeron et nous.

Les honneurs n'ont pas manqué à Sir Frederick Bramwell, on peut dire qu'il en a été comblé. Il est, croyons-nous, le seul ingénieur ou savant qui ait occupé le fauteuil dans autant de Sociétés de premier ordre. Ainsi il fut Président de l'*Institution of Mechanical Engineers*, en 1874, de l'*Institution of Civil Engineers* en 1884, de l'*Association Britannique* en 1888 et enfin de la *Société des Arts* en 1901. Cette dernière présidence lui fut acquise dans des conditions qui ne sont assurément pas banales, car il succéda au prince de Galles qui résigna cette dignité en montant sur le trône sous le nom d'Édouard VII et il fut remplacé par le prince de Galles actuel. Notre Collègue avait aussi l'honneur très recherché de pouvoir mettre à la suite de son nom les trois lettres F. R. S., ce qui signifie, comme on sait, qu'il faisait partie de la Société Royale, dans laquelle il avait été admis en 1873, et du Conseil de laquelle il faisait partie. Il était docteur des Universités de Cambridge et d'Oxford ; nous passons quantité de titres de moindre importance. Il

avait été nommé Chevalier en 1881 et Baronet en 1889. C'était le digne couronnement d'une carrière noblement remplie.

Notre regretté Collègue, arrivé à un âge où la presque totalité de ses contemporains survivants goûtaient un repos bien acquis en se contentant de suivre de loin les progrès des sciences et de l'industrie, eut le privilège, grâce à une organisation physique et intellectuelle très remarquable, de conserver intactes ses facultés de travail et son activité jusqu'à son dernier jour.

Nous sommes obligés de reconnaître que Sir Frederick Bramwell était un adversaire résolu de l'introduction du système métrique en Angleterre. Cette opposition, assez naturelle en présence du milieu dans lequel il avait toujours vécu, des préjugés inhérents à l'éducation et de son âge avancé : — Je suis un trop vieux chien pour apprendre de nouveaux tours, disait-il à ce sujet, — s'explique aussi par ses merveilleuses facultés de calcul et surtout de calcul mental, qui le rendaient moins sensible que d'autres aux difficultés et aux complications des mesures britanniques.

En dehors de sa valeur incontestée comme savant et comme Ingénieur, notre regretté Collègue réunissait toutes les qualités qu'on peut rechercher chez l'homme. Il était d'un commerce sûr et agréable, d'un abord très facile et d'une obligeance inépuisable : nous en avons fait plus d'une fois l'expérience en mettant à contribution sa connaissance profonde de toutes les questions relatives au génie civil. Sa mémoire restera honorée parmi les Ingénieurs de tous les pays.

Tubes de chaudières en acier au nickel. — Une des applications de l'acier au nickel qui attirent le plus l'attention en ce moment est son emploi pour les tubes de chaudières. Certaines classes de générateurs, surtout celles employées en marine, sont soumises à des exigences très sévères, non seulement au point de vue du travail qu'elles doivent faire, mais aussi à celui de la réduction de poids qu'on peut en obtenir dans les limites compatibles avec la sécurité. Il est donc très naturel qu'on ait songé dans divers pays à se servir de l'acier au nickel pour les tubes de chaudières. En France, où on a commencé en 1898 à fabriquer ces tubes d'une manière courante, ils sont soumis depuis deux ans par la marine à des essais qui n'ont pas encore donné des résultats définitifs. En Allemagne, la marine fait également des essais et, en Angleterre, la maison Yarrow les a soumis à des expériences intéressantes que M. A. F. Yarrow a communiquées, il y a quelques années, à l'Institution of Naval Architects.

On les a aussi essayés en Hollande, mais dans des conditions très désavantageuses. On les a employés sur une chaudière du type Yarrow installée sur un torpilleur; mais les deux rangées de tubes du devant étaient seules en acier au nickel, les autres étant en fer au bois.

Après un service de courte durée, on constata des fissures dans les tubes d'acier au nickel, fissures qu'on peut attribuer à la différence de dilatation entre ce métal et le fer des autres tubes. Les constructeurs qui ont fait l'essai ne le considèrent pas comme concluant contre l'acier, pour la raison qui vient d'être indiquée.

Tous les tubes employés jusqu'ici sont en acier contenant 23 à 25 0/0 de nickel. La fabrication de ces tubes se fait par des procédés qui exigent beaucoup plus d'opérations que la fabrication des tubes en acier à faible teneur en carbone. Jusqu'ici on n'a pas fait en Angleterre de tubes de ce métal sur une échelle commerciale. Aux États-Unis, on en a fabriqué, il y a déjà quelques années, pour des bicyclettes avec une faible proportion de nickel, mais ce n'est qu'au mois de février de cette année que les premiers tubes avec une forte proportion de nickel ont été faits à Shelby.

D'après un mémoire lu par M. Albert Ladd Colby devant la Society of Naval Architects and Marine Engineers, il y a quelques jours, les difficultés que présentait cette fabrication ont été si heureusement surmontées que la Shelby Steel Tube Company produit aujourd'hui couramment des tubes sans soudure et étirés à froid en acier à 30 0/0 de nickel, sans plus d'opérations et avec un déchet à peine plus grand que pour les tubes ordinaires sans soudure. Ce nouveau produit remplit toutes les conditions exigées pour les tubes par le Département des Machines à vapeur de la Marine des États-Unis et, de plus, il présente une résistance à la traction bien supérieure.

Actuellement, les tubes en acier à 30 0/0 de nickel coûtent 2,13 fois plus que les tubes en acier pour chaudières de destroyers et 2,43 fois plus que les tubes pour chaudières de navires de combat. Cette différence de prix est contrebalancée par le fait que la durée des tubes en acier au nickel est au moins de 2.33 fois celle des tubes en acier ordinaire; de plus, lorsque les tubes sont finalement hors de service, ceux en acier au nickel peuvent être vendus au prix du vieil acier augmenté de 2,20 *f* par kilogramme de nickel contenu dans la matière. On voit donc qu'au point de vue de la dépense d'acquisition, les tubes en acier au nickel ne sont pas plus chers que les autres et, si on fait la part des perfectionnements que recevront certainement les procédés de fabrication, on trouvera que l'acier à 30 0/0 de nickel est plus avantageux à acheter que l'acier ordinaire qui, s'il coûte moins cher d'acquisition, dure bien moins et conserve moins de valeur.

Les chiffres que donne M. Colby relativement à la durée de l'acier à forte proportion de nickel sont très intéressants. Ils font voir qu'à résistance égale, les tubes fabriqués avec ce métal peuvent être beaucoup plus légers que les tubes d'acier ordinaire et que, avec leur emploi, le rendement de la chaudière en vapeur se trouve augmenté. Le Département des Machines à vapeur de la Marine a constaté que l'emploi des tubes en acier au nickel permet de gagner 10,7 *t* sur le poids des torpilleurs et 38 *t* sur celui des navires de combat. Cette économie est loin d'être négligeable, surtout lorsqu'elle s'allie avec des avantages d'une autre nature. Nous voulons parler de la résistance à la corrosion de l'acier à haute teneur en nickel, question que M. Yarrow avait étudiée avec beaucoup de soin. Il avait reconnu que l'acier à 25 0/0 de nickel n'éprouvait que le sixième de l'action éprouvée par l'acier doux au carbone, lorsque des tubes des deux matières étaient immergés dans une solution contenant 33 0/0 d'acide chlorhydrique.

Des essais comparatifs faits sur des tubes des deux espèces, chauffés

l'un à côté de l'autre dans un petit four en briques, ont fait voir que la perte en poids de l'acier ordinaire était triple de celle de l'acier au nickel. On a obtenu un résultat analogue au contact de la vapeur surchauffée.

Une remarque d'une grande importance et qu'on ne doit pas perdre de vue a été mise en lumière dans des essais faits sur un torpilleur hollandais et auquel il a été fait allusion plus haut. Il s'agit de la différence que présentent les coefficients de dilatation des deux aciers. L'acier à 25 0/0 de nickel se dilate beaucoup plus que l'acier doux au carbone, et il est dangereux de placer des tubes de ce métal dans les parties d'une chaudière les plus exposées à la détérioration, alors que le reste des tubes est en acier ordinaire.

On a pu reconnaitre, par contre, que les propriétés des deux aciers peuvent être utilisées simultanément par une combinaison particulièrement avantageuse pour les chaudières de locomotives. Avec ces chaudières, on a souvent des fuites par les extrémités des tubes, fuites amenées par la compression de l'acier doux sous l'influence de la dilatation des plaques tubulaires. La limite d'élasticité plus élevée de l'acier au nickel donne aux tubes plus de résistance à la déformation. Pour réaliser cet avantage sans trop de frais, on soude des bouts en acier au nickel à des tubes en acier doux, opération qui peut se faire pour utiliser les vieux tubes lors- qu'on répare les chaudières dans les ateliers de chemins de fer. Un millier de ces tubes avec extrémités en acier à 30 0/0 de nickel sont en expérimentation actuellement sur les chemins de fer des États-Unis.

Ces essais présentent un grand intérêt par eux-mêmes, et, de plus, ils font prévoir d'autres emplois de l'acier au nickel dans la construction mécanique. Ainsi les chaudières d'automobiles à vapeur tireront un grand parti de ce métal.

Pour les condenseurs, il pourra lutter avantageusement au point de vue du prix avec les tubes en laiton ou en bronze, actuellement en usage, et sa plus grande durée par rapport à ces alliages de cuivre lui donne une supériorité réelle.

Un service très important, qui est assuré aux tubes en acier au nickel, est celui des appareils surchauffeurs. Des essais faits en Hollande sur des tubes avec 28 0/0 de nickel montrent que ce métal est particulièrement recommandable pour cet usage. Le prix de ces tubes en Hollande est actuellement de 1,10 *f* le kilogramme, tandis qu'aux États-Unis, il est notablement inférieur. On doit espérer que ces essais seront continués, car la question présente un très grand intérêt; la durée des surchauffeurs étant un point capital pour l'application de la surchauffe que certains Ingénieurs hésitent à employer tant qu'ils ne seront pas fixés à cet égard d'une manière un peu certaine.

Le mémoire, mentionné plus haut, de M. Colby présente une grande valeur en ce qu'il fait voir l'étendue des applications de l'acier au nickel dans la construction des machines au moment où les usines américaines arrivent à produire ce métal à un prix très inférieur à ceux qui sont pratiqués en Europe jusqu'ici. Ces résultats sont dus aux études prolongées et aux efforts continus des métallurgistes des États-Unis, et

on ne sera pas étonné si l'acier au nickel acquiert très rapidement une très grande popularité dans l'industrie mécanique. Ce qui précède est le résumé d'un article de l'*Engineering Record*.

Percement du tunnel en hélice de Varzo. — La ligne d'accès à l'entrée sud du tunnel du Simplon, de Domo d'Ossola à Iselle, de 37 *km* de longueur, a une déclivité assez considérable, et pour ne pas dépasser des rampes de 18 à 20 0/00, il a été nécessaire de recourir à l'emploi d'un tunnel en hélice. Ce tunnel, de 3000 *m* de longueur se trouve à Varzo, près du confluent du torrent Cairasca avec la Diveria. Ce tunnel est établi en rampe de 18 0/00 avec un rayon de 500 *m*; il est fait pour deux voies.

L'exécution de cet ouvrage a été entravée par des difficultés très sérieuses; d'abord de fortes venues d'eau qui ont été d'autant plus gênantes qu'on avait attaqué le tunnel par les deux extrémités et que, dans la galerie descendante, on avait à redouter de voir les travaux noyés; ensuite la mauvaise nature des roches, surtout dans l'attaque inférieure, qui obligeait souvent à suspendre la perforation mécanique et à employer des boisages pour soutenir la pression des terres.

Le percement a été terminé le 31 octobre dernier et les deux galeries se sont rencontrées à 2000 *m* de l'entrée inférieure et à 1000 *m* de l'entrée supérieure. On s'est servi de l'air comprimé actionnant des perforatrices Ferroux.

Le percement du tunnel de Varzo marque l'achèvement presque total des ouvrages d'art de la ligne de Domo d'Osolla à Iselle; il ne reste plus, en effet, à terminer que le tunnel de Mognetta, de 400 *m* seulement de longueur, dont les travaux ont été retardés par suite d'un éboulement survenu il y a quelques mois, et qui a coûté la vie à plusieurs ouvriers mineurs.

Ce tunnel traverse un cône de déjection dont la base était déjà entamée par la route nationale du Simplon exécutée par Napoléon Ier. Il s'est produit, lors du percement du tunnel, un mouvement dans la masse composée d'énormes blocs mélangés de terre et de sable et il a fallu, pour ne pas changer le tracé de chemin de fer, opérer une déviation de la route nationale et exécuter des travaux de consolidation très difficiles et qui demanderont encore quelque temps pour leur achèvement.

La gare de Varzo est presque achevée, les bâtiments sont en train d'être couverts; celle d'Iselle est en bonne voie. Il n'y a que celle de Domo d'Ossola, qui sera une gare internationale, qui n'est pas encore commencée, tandis que dans celle de Brigue, les bâtiments sont déjà couverts. Ces renseignements sont extraits du *Monitore delle Strade Ferrate*, du 7 novembre 1903.

Fondation par assèchement du sol. — On sait que l'établissement de fondations dans les terrains aquifères peut être facilité par le drainage du sous-sol. Cette méthode s'applique de la façon suivante : en différents endroits de l'emplacement de l'ouvrage, on installe des tubes de prise d'eau, que l'on descend jusqu'au-dessous de la cote à atteindre par les fondations. A l'extérieur de ces tubes, que l'on a installés de telle sorte qu'ils laissent passer l'eau, on place des tuyaux qu'on

relie à une pompe. Cette installation permet d'épuiser les eaux souterraines et d'abaisser le niveau de la nappe aquifère. Le terrain étant ainsi asséché, il est possible de creuser la fouille et d'établir les maçonneries à sec.

Cette méthode de fondation n'est pas nouvelle, et on pourrait en citer des applications qui datent de longtemps. Elle a été employée à Bruxelles pour l'exécution des travaux d'assainissement de la Senne et notamment des voûtements et collecteurs. Elle ne s'est pas répandue beaucoup cependant depuis lors. La raison doit s'en trouver, sans doute, dans les soins minutieux qu'elle nécessite. Il va de soi, en effet, que le système ne peut réussir qu'à la condition de séparer l'eau du sol qu'elle imbibe de façon à laisser celui-ci en place. Pour arriver à ce résultat, il est indispensable d'observer une série de précautions que l'expérience a indiquées.

Dans les Pays-Bas et en Allemagne, on est parvenu, dans le cours de ces dernières années, à faire produire à ce système des résultats très satisfaisants. Il peut donc être fort utile d'imiter ce qui a été fait dans les travaux dont il s'agit. A La Haye, pour divers travaux d'égouts, et à Scheveningue pour les murs de quai du port intérieur, des applications ont été faites sur une grande échelle.

L'expérience acquise à cette occasion a permis de tracer certaines règles pratiques que M. l'Ingénieur Van den Steen van Ommeren rapporte, dans le journal néerlandais, d'une façon très complète.

Faute de pouvoir relater ici tous les détails de la méthode dont chacun a son utilité, nous nous bornerons à retracer sommairement le mode de mise en place des tuyaux de captage des eaux. On fait usage à cet effet de cylindres en tôle de 0,50 à 0,60 *m* de diamètre et d'une longueur un peu supérieure à celle des puits à installer. A la partie inférieure, le cylindre est fermé par un fond en bois sur lequel est fixée une tige centrale qui forme l'axe du cylindre. Le long des parois de celui-ci sont attachés quatre tuyaux à gaz. Le cylindre étant suspendu à l'emplacement choisi, on injecte de l'eau par les quatre tuyaux et quelquefois aussi par l'axe même du cylindre pendant que l'on imprime à celui-ci un mouvement de rotation. On a, d'ailleurs, soin de le remplir d'eau pour faciliter la descente et éviter les sous-pressions. Le fonçage se fait rapidement dans les terrains de sable pur, beaucoup plus lentement si on rencontre des couches d'argile.

Lorsque le cylindre est à profondeur, on enlève l'axe et on procède au placement du tube de captage. Celui-ci se fait généralement en bois. La section, de forme carrée ou rectangulaire, a pour dimensions intérieures, de 0,14 × 0,14 *m* à 0,17 × 0,17 *m* ou 0,15 × 0,20 *m*. La partie inférieure de ce tube est à claire voie et enveloppée d'une toile métallique en cuivre de 300 mailles au centimètre carré. Un double fond protége le tube contre l'entrée du sable. Tous les joints sont soigneusement calfatés avec de l'étoupe.

Le tube ainsi fait est descendu au milieu du cylindre et assujetti. L'intervalle compris entre les deux parois est rempli de sable de rivière qui s'oppose au passage du sable fin que le terrain peut contenir. Le cylindre en tôle est ensuite enlevé.

Les tubes de captage sont distants de 7 à 8 *m*. On les descend jusqu'à 2 à 3,50 *m* au-dessous de la cote de fondation.

A l'intérieur du tube, on place un tuyau de 50 à 100 *mm* de diamètre. La conduite d'aspiration doit être disposée de façon à éviter l'accumulation de l'air entraîné par l'eau. Il faut donc qu'elle soit montante sur tout son développement.

Au port de pêche de Scheveningue, dont il a été question plus haut, les fondations des murs de quais ont été faites par cette méthode; le niveau des eaux a été abaissé dans les fouilles au moyen de drainages et d'épuisements. Les renseignements qui précèdent sont extraits des *Annales des Travaux Publics de Belgique.*

Progrès dans la fabrication du carbure de calcium. — Les vicissitudes par lesquelles a passé, dans ces derniers temps, l'industrie du carbure de calcium, sont attribuées à la production excessive, à l'impureté des produits du commerce et à l'insuccès des tentatives faites pour l'application aux objets synthétiques. L'amélioration qu'on a constatée dans la situation tient à la fermeture des fabriques placées dans des conditions défavorables.

L'Ingénieur Gin, qui s'est livré à des recherches sur la manière dont se forme le carbure, a observé que, le long des électrodes verticales, il se dégage de l'oxygène, lequel amène la combustion du carbone des électrodes. On doit en conclure que la destruction rapide de ces pièces ne doit pas être attribuée à l'action de l'air, d'autant plus que l'air extérieur ne peut pas pénétrer facilement dans le four en présence de la pression qui règne à l'intérieur (1).

Dans la zone plus chaude, il semble que l'oxyde de carbone produit aux dépens de l'oxygène cedé par la chaux, se dissocie pour donner du carbone et de l'oxygène et que le premier de ces constituants se combine avec le calcium libre pour former le carbure de calcium. Suivant Rothmund, il y a une limite de température au-dessous de laquelle le carbure de calcium, par l'effet de l'oxyde de carbone, se décompose en chaux et en carbone, de sorte que la formation du carbure n'est plus possible à cette limite qui se trouve à 1 620 degrés centigrades.

Le professeur Borchers a déterminé la température minima nécessaire pour la combinaison du calcium et du carbure, en soumettant à l'action d'une flamme alimentée par des proportions variables d'oxygène un mélange de chaux et de charbon dans un creuset de magnésie.

Avec de l'air contenant 60 0/0 d'oxygène, permettant de réaliser une température de 2 200 degrés, il a constaté que la réaction se produisait,

(1) C'est exact pour les fours de construction récente, où on cherche à prévenir, autant que possible, l'accès de l'air, mais non d'une manière générale, parce que, si le four n'est pas clos complètement à la partie inférieure, la température élevée produit un tirage très actif. Dans les fours Wilson et dans les fours Siemens du premier type, l'énorme consommation d'électrodes tient certainement à l'action de l'air, car la partie où l'électrode s'use le plus n'est pas dans le voisinage de l'arc, mais plus haut, à un endroit où elle plonge dans le mélange de chaux et de charbon et où elle se détruit peu à peu jusqu'au moment où elle se rompt, par son propre poids, tandis que la partie inférieure autour de laquelle se forme l'arc, ne s'attaque que très peu. Au contraire, dans les fours où on empêche l'accès de l'air, le charbon des électrodes se brûle seulement à l'extrémité, tandis que le reste conserve partout la section primitive.

tandis qu'à celle de 1 800 degrés obtenue avec de l'air à 35 0/0 seulement d'oxygène, la réaction ne s'effectue pas.

Au nombre des pays qui importent du carbure de calcium, se trouve au premier rang l'Allemagne qui, dans les neuf premiers mois de 1902, en a demandé 7 246 *t* à l'étranger. Les États-Unis sont fermés au marché européen, parce que les patentes de Willson y sont en vigueur.

Le carbure de calcium a trouvé un nouveau débouché en France par son application pour le traitement des vignes par la bouillie bordelaise. On se sert du dégagement de l'acétylène pour produire la pression nécessaire au lieu d'employer une pompe. On a peu de renseignements sur les installations des fabriques et sur leur rendement. Dans l'usine de Fiums (Suisse), il y a dix-huit fours, dont en général douze seulement fonctionnent. La force motrice est fournie par trois turbines de la maison Escher, Wyss et C^ie^, de Zürich, et chaque four consomme, par deux à trois heures, 2 200 ampères à 60 volts. A la fabrique de Surpsfor, alimentée par la cascade de Glommen, en Norvège, six turbines Jonval, de la maison Rieter, fournissent une force totale de 17 000 *ch*. A Cordova, dans la République Argentine, on utilise une puissance hydraulique située à 32 *km* de distance et qui fournit le courant à la tension de 10 000 volts, lequel courant, ramené à 35 volts, alimente quatre fours, dont trois sont disposés en série et reçoivent 250 kilowatts. L'acétylène produit avec le carbure est employé pour l'éclairage des trains; on le dissout dans l'acétone.

Les établissements de l'Union Carbide Company, au Niagara, fonctionne avec les procédés brevetés de Willson et Price. On y trouve dix fours rotatifs de huit pieds de diamètre et trois de largeur. Les électrodes en charbon ont 6 pouces de diamètre et sont écartées à leur extrémité de 9 pouces. Chaque four reçoit une énergie correspondant à 500 *ch*. La production journalière est de 2 *t* par four. Le mélange employé se compose de 1 de chaux et 3/4 de coke pulvérisé. Ces renseignements sont extraits de l'*Industria*.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Novembre 1903.

Rapport de M. Imbs, au sujet du mémoire de M. Lagard, sur **les conditions du travail dans la filature et le moulinage de la soie.**

Les chiffres que M. Lagard, inspecteur divisionnaire du Travail, à Marseille, a été, par ses fonctions, à même de récolter et qu'il groupe judicieusement pour en présenter les totaux et les moyennes, offrent un grand intérêt au point de vue du sort des industries de la filature et du moulinage de la soie dans le Midi de la France et des conséquences fâcheuses que leur disparition pourrait avoir pour de nombreuses industries subséquentes dont l'importance est bien plus grande.

On ne peut fonder grand espoir sur de nouveaux progrès mécaniques pour modifier l'état précaire de ces industries dont la nature est essentiellement manuelle, car, quoi que l'on puisse faire, l'adresse de l'œil et de la main de l'ouvrier restera, pour la soie, l'action principale pour la qualité et la quantité de produit. Cette situation est un nouvel exemple de la lutte engagée contre les industries primaires pour les intérêts immédiats des industries secondaires, et la preuve que le régime économique actuel n'a pas entièrement réussi à réaliser le juste équilibre que le législateur désirerait vraisemblablement établir entre les intérêts divers des industries de tous degrés dans ce domaine.

Rapport de M. Édouard Simon sur une **étude du décatissage** par M. Raffaele Menochio.

Dans ce travail, l'auteur explique le mécanisme des apprêts finisseurs dans la fabrication des draps, discute la question des températures élevées dans le décatissage et suggère des modifications de principe dans cette opération.

Expériences sur le travail des machines-outils, par M. Cudron *(suite)*.

Cette partie s'occupe du forage des bronzes et laitons et de la fonte.

Note sur l'**utilisation des fruits du supindus utilis**, par M. A. Livache.

Le *supindus utilis*, dit aussi *supindus* savonnier est un arbre importé en Algérie en 1845 et qui donne un fruit qui, mûr, est de la grosseur d'une châtaigne ; il est glabre et charnu et donne, par la dessiccation, une matière coriace, gommeuse et translucide ; un arbre adulte peut produire de 25 à 100 *kg* de fruits.

Par la torréfaction à 130 ou 140 degrés, et un simple passage au moulin, on obtient une poudre qu'on peut agglomérer en pains comme des

pains de savon en la malaxant avec 25 à 28 0/0 d'eau. Cette poudre, mise dans l'eau, donne de suite une mousse abondante; à la dose de 10 à 15 *g* par litre, on a une lessive excellente. Ce produit peut remplacer avantageusement le bois de Panama et être utilisé comme parement pour l'encollage des fils destinés au tissage. Les graines, dont le poids représente 44 0/0 de celui des coques, peuvent servir de combustible pour la torréfaction des fruits. On pourrait ainsi créer une industrie assez rémunératrice.

Exposé des **résultats des expériences de peintures au blanc de céruse et au blanc de zinc**, exécutées à l'annexe de l'Institut Pasteur.

Les conclusions de la Commission qui s'est réunie le 23 octobre dernier pour examiner l'état des échantillons faits par ses soins sont qu'aucune différence appréciable ne s'était manifestée, depuis un an, dans la façon dont se sont relativement comportés, vis-à-vis des agents atmosphériques, les échantillons faits, d'une part en blanc de zinc, de l'autre en blanc de céruse, et que, jusqu'à présent, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, les résultats sont absolument comparables.

Notes de mécanique. — On trouve, dans ces notes, une étude sur la manipulation mécanique des matériaux et la description de la scie à ruban horizontale de Ransome.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 45. — *7 Novembre 1903.*

Le chemin de fer métropolitain de Paris, par L. Troske.

Installation de hauts fourneaux à l'île d'Elbe, par J. Nebelung *(fin)*.

La force centrifuge et ses applications dans la mécanique cosmique et technique, par Holzmüller.

Efforts correspondants à l'accélération dans les bielles, par R. Mollier.

Groupe de Saxe-Anhalt. — Le port sur l'Elbe à Aken.

Bibliographie. — Lois de la circulation de l'eau dans les canaux et conduits à section régulière, par T. Christen.

Revue. — Les explosions de chaudières dans l'Empire Allemand dans l'année 1902. — Machine pour enrouler les fils sur les bobines des dynamos à courant alternatif. — Robinets-vannes. — Le chemin de fer de Bagdad. — Les nouveaux ateliers de la British Westinghouse Electric and Manufacturing Company, à Manchester.

N° 46. — *14 Novembre 1903.*

Voyage d'études aux États-Unis, par P. Möller.

Le chemin de fer métropolitain de Paris, par L. Troske *(suite)*.

Nouveautés dans la construction des machines thermiques, par H. Dubbel.

Nouveau procédé pour comprimer les lingots d'acier à l'état liquide, par J. Riemer.

Bibliographie. — La métallographie dans la pratique des usines métallurgiques, par E. Heyn.

Revue. — Machine à vapeur rotative de Patschke. — Expériences sur un moteur Diesel. — Éducation des Ingénieurs en Angleterre.

N° 47. — *21 Novembre 1903.*

Le chemin de fer aérien de Tokio, par F. Boltzer.

Recherches sur le fonctionnement du moulinet hydraulique, par M. Schmidt.

Degré de régularité de la marche des moteurs à gaz, par R. Mollier.

La force centrifuge et son application dans la mécanique cosmique et technique, par Holzmüller *(fin)*.

Beffroi de l'église Saint-Paul à Munich, par G. Kerstan.

Groupe de Berlin. — Les mesures dans les ateliers et la fabrication des pièces interchangeables. — Séparation de l'air de l'eau dans les condenseurs à surface.

Bibliographie. — Annuaire de la métallurgie, par O. Vogel.

Revue. — Coussinets à billes pour voitures de tramways. — Nouvelle voiture pour trains de banlieue à Chicago. — Déplacement d'un pont (passerelle de Passy).

N° 48. — *28 Novembre 1903.*

Le chemin de fer métropolitain de Paris, par L. Troske *(suite)*.

Nouvelle grue construite par L. Stackenholz, à Wetter sur la Ruhr, par A. Müller.

Progrès dans la construction des machines-outils en Allemagne, par F. Ruppert.

Groupe de Cologne. — Préparation mécanique du charbon. — Automobiles à gaz.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Nouveautés dans la question des moteurs à gaz et des gazogènes.

Revue. — Les explosions de chaudières dans l'Empire Allemand dans l'année 1902 *(fin)*. — Construction du tunnel du Simplon. — Moteur à gaz de 1 200 à 1 500 *ch.* — Robert Thurston. — Construction de tunnels à New-York.

Cinquième réunion générale de l'Association technique de constructions navales les 19 et 20 novembre 1903.

N° 49. — *5 Décembre 1903.*

Expériences sur les propriétés résistantes de l'acier coulé aux températures ordinaires et aux températures plus élevées, par C. Bach.

Le chemin de fer métropolitain de Paris, par L. Troske *(suite)*.

Voyage d'études aux États-Unis, par P. Möller.

Recherches sur le fonctionnement du moulinet hydraulique, par M. Schmidt *(fin)*.

Études sur la circulation des gaz et des vapeurs dans les conduits de section variable, par A. Stodola.

Groupe du Rhin moyen. — Distributions à doubles tiroirs.

Bibliographie. — La technique actuelle des chemins de fer, par Blum, von Borries et Barkhausen. — Hydrométrie, par W. Müller.

Revue. — Expériences de la Société d'études de chemins de fer électriques à grande vitesse. — Vapeur à roues à l'arrière *Sprague*.

N° 50. — *12 Décembre 1903.*

La chaudière Niclausse, par Fr. Gesseler.

Le chemin de fer aérien de Tokio, par Fr. Boltzer *(suite)*.

Expériences sur les propriétés résistantes de l'acier coulé aux températures ordinaires et aux températures plus élevées, par C. Bach *(fin)*.

Groupe de Carlsruhe. — Essais des ressorts d'indicateurs et nouveaux indicateurs.

Bibliographie. — Le développement de l'industrie houillère dans les provinces du Rhin et la Westphalie dans la seconde moitié du XIX^e^ siècle.

Revue. — Emploi de l'aluminium pour les transmissions électriques de force. — Four à creuset à bascule. — Locomotive électrique de mine. — Pont-levis sur la rivière de Chicago.

N° 51. — *19 Décembre 1903.*

Le chemin de fer métropolitain de Paris, par L. Troske *(suite)*.

Estimation du rendement des moteurs des chemins de fer électriques, aux États-Unis, par Fr. Gutbrod.

Le chemin de fer aérien de Tokio, par F. Boltzer *(fin)*.

Recherches sur la quantité de chaleur contenue dans la vapeur surchauffée, par A. Griessmann.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Procédés pour le montage des appareils centrifuges et pour le centrage automatique de leurs arbres.

Bibliographie. — Les patentes d'invention en Allemagne, par H. Michel.

Revue. — Éclairage électrique des trains de chemins de fer, système Stone, Kalt et Vicarino. — Expériences de chauffage au combustible liquide. — Essai d'une turbine à vapeur de 4000 *ch*.

N° 52. — *26 Décembre 1903.*

Voyage d'études aux États-Unis, par P. Möller *(suite)*.

Estimation du rendement des moteurs de chemins de fer électriques aux États-Unis, par Fr. Gutbrod *(fin)*.

Recherches sur la quantité de chaleur contenue dans la vapeur surchauffée, par A. Griessmann *(fin)*.

Le chemin de fer métropolitain de Paris, par L. Troske *(suite)*.

Revue. — Statistique de la construction des grands moteurs à gaz. — L'activité des établissements de physique industrielle de l'Empire Allemand dans l'année 1902. — Durée d'un procès de patente d'invention.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

Ire SECTION

Devis et évaluations (1), par MM. Émile DARDART et Auguste BONNEL.

Le volume actuel fait encore partie de cette intéressante collection publiée sous le nom de *Bibliothèque du Conducteur de travaux publics;* c'est, à notre avis, un des plus utiles de la série, car, comme le disent si justement les auteurs dans leur préface, c'est surtout par le devis que l'Ingénieur peut faire ressortir son expérience personnelle et la pratique des travaux qu'il est appelé à conduire; c'est par une évaluation aussi parfaite que possible qu'il évitera dans la suite les conséquences graves qui peuvent résulter de contestations avec les entrepreneurs.

L'ouvrage est établi d'après une méthode des plus rationnelles; il est divisé d'abord en grands chapitres concernant les diverses professions : terrassements, maçonnerie, charpente, couverture et plomberie, menuiserie, serrurerie, peinture et vitrerie, fumisterie, marbrerie, pavage et asphaltage, matériel fixe et roulant des voies ferrées, chauffage, éclairage, vidange; en tout, douze chapitres.

En outre, un treizième chapitre traite des devis divers : étoffes, cuirs, caoutchouc, fournitures de bureaux; un quatorzième des transports de matériaux; un quinzième des conditions d'exécution des travaux; enfin le seizième et dernier chapitre expose les méthodes usitées pour procéder au métré des ouvrages et se termine par des exemples (un par chapitre) d'établissements de prix de revient.

Mais la caractéristique du plan suivi est la division de chaque chapitre représentant une profession, en trois parties distinctes :

1° Le mode d'exécution des ouvrages;

2° Leur mode d'évaluation;

3° Enfin l'évaluation elle-même de ces ouvrages. Cette dernière est basée sur les choses immuables qui ne varient pour ainsi dire pas, la *quantité* nécessaire de matériaux et le temps à employer pour leur mise en œuvre. A ces éléments on n'a plus qu'à adapter les prix locaux de matière ou de main-d'œuvre et l'on obtient le prix de règlement définitif.

Tout cela est très consciencieusement étudié et très clairement présenté. En somme, excellent travail appelé à rendre de réels services à tous les Ingénieurs et constructeurs de travaux publics ou privés.

A. MOREAU.

(1) Un vol. in-16, 185 × 120, de XII-715 pages. Paris, Dunod, 1903. Prix relié : 15 francs.

IIe SECTION

Essai sur la Philosophie de la mécanique, par M. Macrès, licencié ès sciences et en droit (1).

La matière de cet opuscule est une dissertation consacrée à la théorie de la connaissance, à la considération des espaces géométriques et à l'examen des géométries euclidienne et non euclidienne, du principe de la conservation de l'énergie, du déterminisme et de la liberté, suivant Descartes et Leibnitz, des principes directeurs des phénomènes, des causes finales et du principe de la moindre action.

Quand l'esprit franchit les limites imposées par la définition du déterminisme scientifique suivant Claude Bernard, et essaie de déduire de la connaissance que nous avons du monde physique immédiat des éléments d'appréciation de ce que nous pourrions appeler le monde hyperphysique, les conceptions les plus diverses se présentent aussi nombreuses que fragiles.

Mais il faut louer de leurs efforts les hommes de science qui évoquent et examinent méthodiquement ces conceptions.

Les Pompes (1), par R. Masse.

Cet ouvrage est précédé d'une préface de M. Haton de la Goupillière, l'ancien Professeur et Directeur de l'École supérieure des Mines. Après le maître, dont le Cours de machines a eu tant d'éclat, que pourra venir dire un autre de ses élèves, sur le travail considérable de M. Masse, véritable traité des Pompes?

M. Haton, en effet, avec sa grande autorité, en a déjà fait ressortir les qualités et les deux particularités essentielles : Généralités sur l'Hydraulique et les Moteurs, — Essai de classification des Pompes. Le livre s'adresse à la fois et surtout au constructeur et à l'enseignement, ainsi qu'à l'industriel. Nous nous bornerons donc à en signaler les mérites de détail.

M. Masse a mis à jour l'ensemble des connaissances actuelles sur les Pompes et des progrès réalisés dans ces appareils au moment de l'Exposition de 1900 et depuis. Son étude a déjà fait l'objet d'articles successifs parus dans la *Revue de Mécanique*. Un travail du même genre avait été déjà publié, il y a quelques années, par M. Berthot, Ingénieur des Arts et Manufactures (2).

La méthode de classification adoptée par M. Masse est celle qui est basée sur le genre du moteur de commande de ces appareils. Il divise son ouvrage en divers chapitres correspondant chacun à une classe différente de Pompes. Il termine celui relatif aux généralités sur l'Hy-

(1) In-12, 180 × 120 de 150 p. Paris, Marescq jeune. — Prix, broché : 2 fr. 50.

(1) In-8°, 285 × 195, de XVI-528 pages, avec 957 figures. Paris, Dunod 1903. Prix : broché, 30 francs.

(2) *Traité de l'élévation des eaux.*

draulique et les Moteurs par la description des appareils d'élévation et transporteurs d'eau, tels que : baquets, écopes, seaux, manèges, norias, chapelets, vis d'Archimède, etc.

Dans chacun des autres chapitres, l'auteur expose d'abord les principes généraux d'après lesquels sont établies les différentes classes de pompes; puis il décrit les types nombreux auxquels les constructeurs sont successivement arrivés et les différents dispositifs adoptés jusqu'aux plus récents et aux plus perfectionnés, en vue de satisfaire aux multiples usages et desiderata de l'industrie. Chaque type de pompe est accompagné de vues perspectives et de coupes destinées à montrer leur mode de fonctionnement.

Le second chapitre traite des pompes à mouvement alternatif, qui sont les plus nombreuses, et qui ne comprennent pas moins de cent et un types différents, subdivisés comme il suit :

1° Pompes à bras (douze genres), depuis ceux de Jacob et Becker, à ceux de Durozoi et Montrichard ;

2° Pompes à action directe à vapeur : première catégorie, depuis les genres Merryweather et Tangye, à ceux de Robinson et Durozoi, dans lesquels le tiroir est à commande de vapeur, d'air comprimé ou d'eau; deuxième catégorie, à taquets, depuis les genres Earle, Mazeline, Cameron, aux genres Duplex et Worthington, où le tiroir est à commande mécanique; troisième catégorie, moteurs-pompes Ericsson et Rider, où le moteur est à air chaud, et Japy, où il est à pétrole ;

3° Pompes à action indirecte : Verticales, depuis les genres ou types à distribution différentielle de Davey et du Cornouailles, jusqu'à ceux à triple expansion de Davey et Holman; — Horizontales, à commande de vapeur ou hydraulique, pour élévation d'eau de villes, et épuisement de mines, depuis le genre Martin et Gaskill, jusqu'à ceux de Decoudun, Dumontaut et Bascoup; — à grande vitesse, pour commande électrique, en particulier pour épuisement de mines, depuis les types Pinette à trois corps, jusqu'à ceux de Riedler.

Le troisième chapitre décrit les pompes à mouvement continu, au nombre de cinquante-trois types subdivisés en :

1° Pompes rotatives à un seul axe, depuis les types Houyoux et Erémac, jusqu'à ceux d'Oddie, Klein, Schmoll et Gartner;

2° Pompes rotatives à plusieurs axes, depuis les genres Servière et Behrens, jusqu'à ceux de Klein, Baker et Noël;

3° Pompes centrifuges, depuis les types Le Demours, Ducrest, jusqu'aux genres Tangye, Pinette et Rateau;

4° Pompes hélicoïdes, à spirale, types Thiéry à Houyoux.

Dans le quatrième chapitre, l'auteur décrit les multiples appareils, dont le moteur est un fluide en mouvement, et qui sont divisés en deux groupes, suivant que le fluide est liquide ou gazeux, et en six classes :

1° Les béliers, au nombre de quinze types, depuis ceux de Whitehurst et Montgolfier, jusqu'à ceux de Durozoi et Gelly;

2° Les machines à colonne d'eau, treize types, depuis l'hydro-élévateur Durozoi, la pompe Evans et Hopwood, jusqu'aux machines triplex Hayward Tyler et Samain;

3° Les éjecteurs à eau de Chestatee et Melcher, appliqués aux exploi-

tations aurifères, l'élévateur-éjecteur, et les Fire-Hydrants de Greathead à Meller;

4° Les monte-jus, les pulsomètres à air comprimé de quatre types de Laurent à Montrichard, et à vapeur, depuis les types de Hall, Hodgkin, à ceux du Sirius et d'Emerson (seize types);

5° Les injecteurs et éjecteurs à fluide gazeux, pour les premiers, onze types, de Giffard à Koerting; pour les autres, les trois types, Morton, Thompson et Friedmann;

6° Les émulseurs (quatorze types), depuis les genres Laurent et Zambeaux, jusqu'à ceux de Haas, Mitchell, et automatiques.

Le cinquième et dernier chapitre a été réservé aux pompes d'un usage spécial, celui de l'incendie, qui comprend des types à bras, des types à vapeur, depuis ceux de Thirion et Ahrens, jusqu'à ceux à mise en marche automatique de Dawson Taylor et Ludwigsberg (quatorze genres), le type électrique Dymond, le type automobile de Porteu-Cambier. Dans ce chapitre, sont décrits en outre les bateaux à incendie de Strand et Masson, de New-York et de Boston, ainsi que les pompes Garbutt et Wright, dont l'usage est spécial aux puits à pétrole.

Cet ouvrage, déjà très volumineux, arrive ainsi à décrire deux cent quatre-vingt-un types différents d'appareils destinés à l'élévation de l'eau.

L'auteur a eu raison d'adopter pour son exposé les principes de la classification rationnelle à laquelle il s'est arrêté. Mais il nous aurait semblé désirable, au point de vue spécial et pratique de l'industriel qui aura à employer ces appareils et à se déterminer pour le choix de l'un d'eux, qu'un chapitre complémentaire fût ajouté à ce traité. Ce chapitre aurait pu récapituler cette longue description, la résumer et la présenter en manière de conclusion, sous la forme d'une classification différente, qui alors eût trouvé sa place marquée, celle qui serait résultée du point de vue des applications auxquelles répond chacun des genres décrits. Les usages différents de chaque appareil sont d'ailleurs mentionnés dans le corps de l'ouvrage, mais il n'eût pas été indifférent de les présenter, systématiquement classés, dans un chapitre d'ensemble facilitant la recherche à l'industriel appelé à s'en servir.

L'auteur tiendra, à la prochaine édition, à parachever son œuvre, déjà parfaite.

J. M. Bel.

IVe SECTION

Diagrammes et surfaces thermodynamiques (1), par J. W. Gibbs.

On sait quelle importance s'attache aujourd'hui à la représentation graphique des phénomènes soumis à une variation continue. Ce mode

(1) Traduction de M. G. Roy, chef des travaux de physique à l'Université de Dijon, avec une introduction de M. B. Brunhes, professeur à l'Université de Clermont (série physico-mathématique Scientia); un volume in-8° écu de 100 pages, prix : 2 *f.* C. Naud, éditeur, 3, rue Racine, Paris.

de figuration n'est pas seulement la traduction d'une loi physique ; entre des mains habiles, il devient un procédé de démonstration et d'investigation des plus puissants. En thermodynamique, la représentation du travail d'un fluide par un diagramme dont les coordonnées sont p et v, est très ancienne, et date des premiers travaux. L'étude du principe de Carnot a conduit beaucoup plus récemment à la notion de l'entropie et à l'emploi de cette quantité comme variable indépendante.

M. Gibbs est le créateur du diagramme entropique, diagramme parallèle en quelque sorte à celui du travail. Les coordonnées en sont la température et l'entropie. La surface comprise dans les lignes figuratives d'un cycle fermé représente alors une quantité de chaleur ; cette même surface représente un travail dans le diagramme en pv.

Les mémoires originaux de M. Gibbs n'avaient jamais été publiés complètement en français ; il faut savoir gré à M. Brunhes d'avoir donné cette traduction dans la collection « Scientia ». Le lecteur pourra y suivre le développement que M. Gibbs a su tirer de ce premier diagramme, et aussi de celui qu'il a également imaginé dont les coordonnées sont le volume et l'entropie. La portée de ces représentations est considérable, mais ne peut être appréciée que par la lecture des mémoires, qui ne se prêtent pas à l'analyse. Ils ont ouvert des voies nouvelles à la thermodynamique et ont inspiré des travaux de haute valeur. Il faut s'y reporter pour apprécier la méthode et la clarté d'esprit avec lesquelles l'auteur a exposé ces vues nouvelles sur les phénomènes thermodynamiques.

R.-V. Picou.

V^e^ SECTION

Die Elektrotechnischen Einrichtungen Moderner Schiffe, par M. O. C. Rœdder, Staatlich geprüfter Schiffbau-Ingenieur, Baltimore, Md., U. S., America (1).

(*Les Installations électriques des navires modernes*, par M. O. C. Rœdder, Ingénieur breveté de la Marine des États-Unis.)

Cet ouvrage contient une série de descriptions détaillées concernant les installations électriques les plus diverses qu'on trouve à bord des navires actuels, depuis les générateurs électriques destinés à l'éclairage et aux transmissions de puissance mécanique, jusqu'aux appareils employés dans la télégraphie sans fil.

Le matériel décrit est exclusivement allemand, anglais ou américain :

Groupes électrogènes à vapeur ; machines à cylindres et turbines ;

Accumulateurs ;

Canalisations ;

Installations diverses ;

Aperçu sur les dispositifs électriques et leur économie ;

(1) in-8°, 275 × 185 de xx-346 p. avec 222 fig. et 2 pl. Wiesbaden. — C. W. Kreidel's Verlag, 1903. — Prix, broché : M. 8.60.

Applications à l'artillerie (tourelles, treuils et monte-charges à munitions);

Machines à gouverner;

Projecteurs;

Télégraphie, téléphonie et transmetteurs d'ordres à bord (communications intérieures);

Communications extérieures, feux et signaux lumineux;

Télégraphie sans fil.

De nombreuses figures, accompagnées de deux tableaux dans le texte, facilitent l'intelligence du texte.

Les spécialistes retrouveront dans les différentes descriptions les dispositifs dont ils connaissent les éléments. Ceux-ci ont été publiés à diverses reprises, mais on appréciera le volume où ils sont réunis et d'un examen facile.

Propagation de l'électricité. — *Histoire et Théorie*, par Marcel Brillouin, professeur au Collège de France (1).

Ce livre est la reproduction des leçons professées par M. Marcel Brillouin, au Collège de France, pendant l'année 1901-1902.

Dans son avant-propos, l'auteur estime « que ce n'est nullement un traité d'électricité complet et méthodique; c'est conformément, croit-il, à l'esprit de l'enseignement du Collège de France, un ensemble de leçons très inégalement développées, suivant que le sujet dont elles traitent est plus ou moins connu par les publications françaises, ou qu'il lui a paru comporter quelques remarques historiques ou théoriques nouvelles ».

La partie historique comprend un résumé des principales recherches concernant la propagation du courant électrique et dont les premières, celles de Cavendish, remontent à la fin du XVIII^e^ siècle. Il y est rappelé, en particulier, que Cavendish découvrit par une méthode physiologique en apparence grossière, les caractères de la résistivité des conducteurs, vers 1771, c'est-à-dire plus de trente ans avant les travaux des physiciens qui les ont fait connaître. Puis viennent les débuts du XIX^e^ siècle avec Davy, Barlow, Becquerel, ensuite Ohm, suivi de Kirchoff et de Clausius.

La partie théorique comprend une série d'études analytiques d'un caractère élevé, concernant la propagation des courants permanents ou variables sans induction, l'induction, le champ électromagnétique et des tables numériques de coefficients et de fonctions développées au cours de l'ouvrage.

(1) In-8°, 255 × 165 de VI-399 p., avec 56 fig. et 4 pl. Paris, Librairie Scientifique A. Hermann, 1904. — Prix : Broché, 15 .

La télégraphie sans fil : l'Œuvre de Marconi, traduit du *Scientific American de New-York* par M. Émile Guarini (1).

Cette brochure contient un court résumé, qui est aussi une apologie de l'œuvre de Marconi. Les premiers principes de la télégraphie sans fil, les différents types de cohéreurs, d'antennes et de montages des postes transmetteurs et récepteurs y sont sommairement exposés, ainsi que la syntonisation, ses avantages et ses inconvénients, la difficulté de la réaliser, la possibilité de n'influencer que des secteurs limités à partir des antennes, et enfin les essais de transmission les plus connus et qui ont marqué les différentes étapes des perfectionnements de ce procédé.

L'auteur croit fermement à l'avenir de la télégraphie sans fil, à sa substitution aux lignes terrestres et sous-marines à conducteurs métalliques.

Traité pratique de télécommunication électrique *(Télégraphie-Téléphonie)*, par Édouard Estaunié, Ancien élève de l'École Polytechnique, Ingénieur en chef des Télégraphes (1).

La création du néologisme *Télécommunication*, dont l'auteur semble d'ailleurs s'excuser, répond au désir d'exposer sous une forme générale les procédés, organismes et montages communs à la télégraphie et à la téléphonie.

Cet ouvrage ne sépare pas, en apparence du moins, l'étude de la télégraphie de l'étude de la téléphonie; les différents chapitres s'y suivent, contenant à la fois ce qui concerne la transmission de signaux conventionnels et la transmission de la voix. En fait, on retrouve dans chacun de ces chapitres, la division en télégraphie et téléphonie aussi nette que si ces deux ensembles de procédés eussent été étudiés dans des chapitres distincts.

Quelque louable que puisse être la recherche de l'unification et de la généralisation, il faut s'arrêter à temps dans cette voie pour éviter de réunir, dans un même chapitre, des études essentiellement différentes.

On se rend facilement compte que l'ouvrage de M. Estaunié pourrait être autrement divisé, avec des suites de chapitres bien distincts pour la télégraphie et la téléphonie, par un simple changement de pagination.

Ceci posé, on peut louer sans réserve l'auteur de son exposition claire, précise et suffisamment simplifiée : la lecture de cet ouvrage n'exige que des connaissances mathématiques élémentaires. Après un rappel de généralités sur les courants, l'auteur examine les organes constitutifs d'une télécommunication électrique dans une première partie, puis, dans une deuxième partie, l'organisation des bureaux.

Les différents systèmes en usage de télégraphie à conducteurs métalliques et de télégraphie sans fil, de même que les différents systèmes de téléphonie sont décrits et étudiés avec le plus grand soin.

Cet ouvrage élémentaire est le plus complet et le plus récent qui ait paru sur cette matière.

(1) In-8°, 250 × 165 de 64 p., avec 88 fig. dans le texte, portrait et signature de Marconi. Paris, Vve Ch. Dunod. Prix : broché, 2 fr. 50.

(1) In-8°, 250 × 165 de xx-670 p., avec 528 fig. Paris, Vve Ch. Dunod, 1904. Prix : broché, 21 fr. 50.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES

DANS LA CHRONIQUE DU 2e SEMESTRE, ANNÉE 1903

(Bulletins de juillet à décembre.)

Accidents (Indemnités exagérées pour les) de chemins de fer. Juillet, 95.

Acier (Tubes de chaudières en) au nickel. Décembre, 704.

Adda (Pont en maçonnerie sur l'). Septembre, 283.

Ankilostomiasis (L'). Août, 195.

Assèchement (Fondations par) du sol. Décembre, 707.

Automobile (L') et le chemin de fer. Décembre, 695.

Belgique (Les chemins de fer vicinaux en). Septembre, 286.

Bramwell (Sir Frederick). Décembre, 701.

Calcium (Progrès dans la fabrication du carbure de). Décembre, 709.

Carbure (Progrès dans la fabrication du) de calcium. Décembre, 709.

Changement (Dispositifs de) de marche dans les machines à vapeur. Août, 181; septembre, 275; octobre, 429; novembre, 570.

Charbonnages (Les) de l'Oural. Juillet, 97.

Chaudières (Tubes de) en acier au nickel. Décembre, 704.

Chauffage (Le) central à Dresde. Novembre, 582.

Chemins de fer (Indemnités exagérées pour les accidents de). Juillet, 95. (Train de) renversé par le vent. Août, 185. — (Les) vicinaux en Belgique. Septembre, 286. — (Les grandes vitesses sur les). Octobre, 433. — (L'automobile et le). Décembre, 695.

Compound (Emploi des réchauffeurs intermédiaires dans les machines). Juillet, 86.

Conduites (Pose de) d'eau dans les rivières. Septembre, 288. — (Les) de gaz naturel. Novembre, 584.

Construction (Différences fondamentales de) entre les moteurs à gaz et les machines à vapeur. Septembre, 281.

Diamants (Les gros). Août, 192.

Différences fondamentales de construction entre les moteurs à gaz et les machines à vapeur. Septembre, 281.

Dispositifs de changement de marche dans les machines à vapeur. Août, 181; Septembre, 275; Octobre, 429; Novembre, 570.

Dresde (Le chauffage central à). Novembre, 582.

Eau (Pose de conduites d') sur des rivières. Septembre, 288.

Emploi des réchauffeurs intermédiaires dans les machines à vapeur. Juillet, 86. — De la vapeur surchauffée dans la marine. Octobre, 435.

Essieux creux fabriqués à la presse hydraulique. Juillet, 90.

Fabrication (Progrès dans la) du carbure de calcium. Décembre, 709.

Fondations par asséchement du sol. Décembre, 707.

Force (Prix de revient de la) motrice. Novembre, 575. Décembre 699.

Gaz (Différence fondamentale) de construction entre les moteurs à gaz et les machines à vapeur. Septembre, 281. — (Les conduites de) naturel. Novembre, 584.

Hélice (Percement du tunnel en) de Varzo. Décembre, 707.

Hudson (Le tunnel de l'). Octobre, 435.

Hydraulique (Essieux creux fabriqués à la presse). Juillet, 90.

Indemnités exagérées dans les accidents de chemins de fer. Juillet. 93.

Machines (Emploi des réchauffeurs intermédiaires dans les) compound. Juillet, 86. — (Les dispositifs de changement de marche dans les) à vapeur. Août, 181; septembre, 275; octobre, 429; novembre, 570. — (Différences fondamentales de construction entre les moteurs à gaz et les) à vapeur. Septembre, 281.

Maçonnerie (Pont en) sur l'Adda. Septembre, 283.

Marche (Les dispositifs de changement de) dans les machines à vapeur. Août, 181; septembre, 275; octobre, 429; novembre, 570.

Marine (Emploi de la vapeur surchauffée dans la). Octobre, 435. — (La) marchande du monde. Octobre, 441.

Mines (Température du sol dans les) profondes. Juillet, 93; août, 191.

Monde (La marine marchande du). Octobre, 441.

Moteurs (Différences fondamentales de construction entre les) à gaz et les machines à vapeur). Septembre, 281.

Motrice (Prix de revient de la force). Novembre, 575; décembre, 699.

Navigation (La) du Rhin. Août, 189. — (La) du Haut-Rhin. Septembre, 289.

Navires (Grands) pour transports spéciaux. Juillet, 89.

Nickel (Tubes de chaudières en acier au). Décembre, 704.

Oural (Les charbonnages de l'). Juillet. 97.

Percement du tunnel en hélice de Varzo. Décembre, 707.

Pont en maçonnerie sur l'Adda. Septembre, 283.

Pose de conduites d'eau dans des rivières. Septembre, 288.

Presse (Essieux creux fabriqués à la) hydraulique. Juillet, 90.

Pression (La) du vent. Août, 187.

Prix de revient de la force motrice. Novembre, 575; décembre, 699.

Professeur (Le) Thurston. Novembre, 581.

Progrès dans la fabrication du carbure de calcium. Décembre, 709.

Réchauffeurs (Emploi des) intermédiaires dans les machines à vapeur. Juillet, 86.

Rhin (La navigation du). Août, 189. — (La navigation du Haut-). Septembre, 289.

Rivières (Pose de conduites d'eau dans des). Septembre, 288.

Simplon (Le tunnel du). Octobre, 439.

Sol (Température du) dans les mines profondes. Juillet, 93; août, 191. — (Fondation par asséchement du). Décembre, 707.

Surchauffée (Emploi de la vapeur) dans la marine. Octobre. 435.

Température du sol dans les mines profondes. Juillet, 93; Août, 191.

Thurston (Le professeur). Novembre, 581.

Train de chemin de fer renversé par le vent. Août, 185.

Transports (Grands navires pour) spéciaux. Juillet, 89.

Tubes de chaudières en acier au nickel. Décembre, 704.

Tunnel (Le) de l'Hudson. Octobre, 435. — (Le) du Simplon. Octobre, 439. — (Percement du) en hélice de Varzo. Décembre, 707.

Vapeur (Dispositifs de changement de marche dans les machines à). Août. 181; septembre, 275; octobre, 429; novembre, 570. — (Différences fondamentales de construction entre les moteurs à gaz et les machines à). Septembre, 281. — (Emploi de la) surchauffée dans la marine. Octobre, 435.

Varzo (Percement du tunnel en hélice de). Décembre, 707.

Vent (Train de chemin de fer renversé par le). Août. 185. — (La pression du). Août. 187.

Vitesses (Les grandes) sur les chemins de fer. Octobre, 433.

Woods (Édward). Novembre, 580.

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LE DEUXIÈME SEMESTRE, ANNÉE 1903

(Bulletins de juillet à décembre.)

ADMISSIONS DE NOUVEAUX MEMBRES

Bulletins de juillet, octobre. novembre et décembre. . . 5, 308, 472 et 608

BIBLIOGRAPHIE

Année technique (l'), par M. Da Cunha. 462
Annuaire international des Sociétés Savantes, par M. H. Delaunay 594
Annuaire Marchal des Chemins de fer et des Tramways. . 453
Chaux, Ciments et Mortiers, par M. E. Candlot 462
Chimie industrielle (Traité de), par MM. Wagner, Fischer et L. Gautier 110
Chimie physique et ses applications : huit leçons faites sur l'instruction de l'Université de Chicago, par M. J.-H. Van't Hoff, ouvrage traduit de l'allemand, par M. A. Corvisy 594
Condensation (Traité de la), par M. F.-J. Weiss, traduit de l'allemand par M. E. Hennebique. 199
Coup d'ailes (les Secrets du), par M. F.-C. Pompéien-Peraud 458
Devis et Évaluations, par MM. Émile Dardart et Auguste Bonnel . . 715
Dictionnaire administratif des Travaux Publics, par M. A. Debauve 453
Die Elektrotechnischen Emrichtungen moderner Schiffe, par M. O.-C. Roedder. 719
Eaux de Paris, Versailles et la banlieue (les), par M. le docteur Ed. Imbeaux. 463
Économie politique professée à l'École nationale des Ponts et Chaussees (Cours d'), par M. C. Colson 595
Électricité (Propagation de l'). — Histoire et théorie, par M. Marcel Brillouin. 720
Énergie par courants polyphasés (Distribution de l'), par M. J. Rodet 463
Exposition industrielle et des beaux arts, à Dusseldorf, 1902. — Rédaction par le Comité directeur de l'Exposition 453
Fer-blanc (Monographie de la fabrication industrielle du), par M. Georgeot. 459
Froid artificiel (le), par M. J. de Loverdo 295

Gisements minéraux. — Stratigraphie et composition, par M. F. Miron 459

Locomotive (Étude de la), par MM. E. Deharme et A. Pulin 456

Matériaux artificiels (les), par M. A. Morel. 463

Mécanique (Essai sur la philosophie de la), par M. Macrès 716

Mesures électriques sur les câbles sous-marins (Manuel élémentaire pratique des), par MM. H.-K.-C. Fisher et J.-C.-H. Darby. 296

Moteurs d'automobiles et les applications industrielles de l'alcool au chauffage, à l'éclairage et à la force motrice (Leçons sur les), par M. L. Marchis. 294

Moteurs à gaz et à pétrole (Traité théorique et pratique des), par M. Aimé Witz 108

Navale (Technologie), par M. L. Callou 593

Navire (Cours de construction du), par M. L. Callou 593

Pompes (les), par M. R. Masse 716

Seine maritime (la), par M. Sekutowicz 456

Sidérurgie allemande (les Progrès de la). — L'Exposition de Dusseldorf en 1902, par M. M. Métayer. 460

Télécommunication électrique (Traité pratique de). — (Télégraphie-Téléphonie), par M. Édouard Estaunié. 721

Télégraphie sans fil : l'œuvre de Marconi, traduit du *Scientific American de New-York*, par M. Émile Guarini. 721

Thermodynamiques (Diagrammes et surfaces), par M. J. W. Gibbs. . 718

Vicat (L.). Sa vie et ses travaux, avec notes, par M. Merceron-Vicat . . 598

CHIMIE

Acétylène dissous et ses principales applications, par M. F. Bourdil (séance du 6 novembre). Mémoire . . . . . 476 et 520

Gazogène à flamme renversée (Nouveau), par M. J. Deschamps. . 257

Machines frigorifiques à affinité (Note sur les nouvelles), par M. J. Hignette 621

Ozone (Progrès récents réalisés dans l'industrie de l'), par MM. Otto. *Observations* de MM. X. Gosselin et L. Guillet (séance du 20 novembre). Mémoire . . . . . 481 et 528

CHRONIQUE

Voir *Table des Matières spéciales.*

COMPTES RENDUS

Bulletins de juillet, septembre, octobre, novembre et décembre. . . 99, 294, 443, 587 et 741

CONGRÈS

De l'Association des Chimistes de sucrerie et de distillerie à Reims, du 23 au 26 juillet 1903 (séance du 3 juillet). 6

De l'Association internationale de la Protection de la Propriété industrielle, à Amsterdam, les 17, 18 et 19 septembre 1903 (Réunion), (séance du 3 juillet). 6

Des Sociétés Savantes, à la Sorbonne, le 5 avril 1904 (42e Congrès) (séances des 2 octobre et 4 décembre). . . . . 310 et 610

DÉCÈS

MM. E. Enfer, O. Brémond, A.-D. Dujardin, P. Maunoury, G.-F. Boutmy, H.-Ch. Bunel, D.-A. Casalonga, P.-P. Faure, A. George, L.-H.-E. Morin, A. Perregaux, J. Rütgers, E. Woods, M.-A. Petiet, L.-C.-A. Benouville, D. Lanore, E. de Boischevalier, E.-A. Fuertes, G. Rocour, L. Secretant, R.-H. Thurston, J. van Heurn, P. Billaud, J.-J.-S. Giraud, E. Peigné, G. de Chasseloup-Laubat, L.-A.-B. de Quillacq, E. Cartier, M. Jouffret, sir F.-J. Bramwell (séances des 17 juillet, 2 et 16 octobre, 6 et 20 novembre et 4 décembre). . . . . 11, 309, 315, 473, 477 et 609

DÉCORATIONS FRANÇAISES

COMMANDEUR DE LA LÉGION D'HONNEUR : M. G. Nagelmackers.

CHEVALIERS DE LA LÉGION D'HONNEUR : MM. F.-M. Richard, A. Leroux, C. Malissart, J. Suss.

OFFICIERS DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE : MM. E.-A. Bourdon, G. Forgue, L. Eyrolles.

OFFICIERS D'ACADÉMIE : MM. P.-A. Guiard, E.-J. Giraud, L. Chenut, J. Hersent, A. Lang.

COMMANDEURS DU MÉRITE AGRICOLE : MM. R. Berge, P.-L. Barbier, A. Bajac.

OFFICIERS DU MÉRITE AGRICOLE : MM. Duval-Pihet, J. Bocquin, L. Pinchart-Deny.

CHEVALIERS DU MÉRITE AGRICOLE : MM. H. Bresson, J.-H. Faucher, L. Leuvrais, F.-H. Auderut, A.-E. Darnay, A. du Beaufret, G. Chauveau, E. Hospitalier.

DÉCORATIONS ÉTRANGÈRES

CHEVALIER DE LA COURONNE D'ITALIE : M. E. Pirani.

OFFICIER DE LA COURONNE DE CHÊNE : M. E. Lahaye.

GRAND OFFICIER DU MEDJIDIÉ : M. H. Doat.

GRAND OFFICIER DE L'OSMANIEH : M. L. Chenut.

OFFICIER DE SAINT-JACQUES DU PORTUGAL : M. Ch. Vigreux.

CHEVALIER DE NOTRE-DAME DE LA CONCEPTION DE VILLA-VIÇOSA : M. A. Galfut.

COMMANDEUR DU NICHAM-IFTIKAR : M. Jablin-Gonnet.

Officier du Nichan-Iftikar : M. H. Chevalier.

Chevalier du Cambodge : M. H. Faucher.

Chevalier de l'Étoile d'Anjouan : M. H. Hamet.

Double dragon de Chine : M. L. Coiseau.

Médaille d'argent d'Alphonse XIII : M. L. Saint-Martin.

(Séances des 3 et 17 juillet, 2 et 16 octobre, 6 et 20 novembre et 4 décembre). 6, 11, 310, 315, 473, 477 et 609

DIVERS

Bureau et bibliothèque de la Société pendant les vacances (ouverture des) (séance du 17 juillet) 12

Charrues de Grèce et d'Italie (les anciennes), par M. H. Chevalier (séance du 2 octobre), mémoire . . . . . 314 et 336

Concours pour une enveloppe protectrice contre la projection des éclats en cas de rupture de meules de toutes compositions, établi par l'Association des Industriels de France, contre les accidents du travail (séance du 3 juillet) . . 7

Conférence promenade à l'Exposition des habitations à bon marché, le 29 octobre 1903 (séance du 16 octobre) 315

École spéciale d'architecture (ouverture des cours de l') (séance du 16 octobre). 315

Élection des Membres du Bureau et du Comité pour l'exercice 1904 (séance du 18 décembre) 620

Emprunt de la Société (deuxième tirage de l'amortissement de l') (séance du 18 décembre). 620

Locations de salles de la Société (Avis relatif aux) (séance du 2 octobre). 311

Pli cacheté déposé le 29 juin 1903, par M. Lange-Vrain (séance du 3 juillet). 6

Pli cacheté déposé le 6 novembre 1903, par M. E. Vaton (séance du 6 novembre) 474

Pli cacheté déposé le 17 novembre 1903, par M. Burot (séance du 20 novembre) 478

Situation financière de la Société (compte rendu de la) (séance du 18 décembre). 614

Statuts d'un Comité technique pour l'étude et la vulgarisation des moyens préventifs et de défense contre l'incendie (séance du 2 octobre) 311

Statuts et règlement de la Société (approbation et mise en vigueur des nouveaux) (séance du 16 octobre). 315

Système métrique aux États-Unis (adoption du). Réponses aux questions transmises par la Chambre de Commerce américaine de Paris. 115

Tour Eiffel et la galerie des Machines (vœux relatifs à la question de la destruction de la) (séances des 2 et 16 octobre et 20 novembre) 311, 316 et 479

ÉLECTRICITÉ

Industrie électrique allemande. La crise 1901-1902. — Les fusions de 1903. — Les tendances actuelles (étude sur l'), par M. L. Sekutowicz (séance du 4 décembre), mémoire. . . . . 612 et 627

Traction électrique et les trains à unités multiples, par M. J. de Traz, *observations* de MM. J. Charton, Ch. Baudry (séance du 17 juillet), mémoire. . . . . 13 et 149

EXPOSITIONS

Alcools et des industries de la fermentation à Vienne, du 16 avril au 31 mai 1904 (internationale des utilisations des) (séance du 6 novembre). 474

Arras de mai à octobre 1904 (séance du 17 juillet) 12

Automobiles, du Cycle et des Sports, du 10 au 25 décembre 1903 (sixième Exposition internationale de l') (séance du 2 octobre). . 310

Électricité à l'Exposition de Saint-Louis (candidatures aux fonctions de membres du Jury international de l') (séance du 20 novembre). 478

Hygiène, sauvetage, etc., au Grand-Palais des Champs-Élysées, d'août à novembre 1904 (international d') (séance du 20 novembre). 478

Milan, en 1905 (séance du 17 juillet) 12

GÉOLOGIE

Roches terrestres (Nouvelle théorie chimique de la formation des), par M. H. Lenicque, *observations* de MM. J. Bergeron et L. Guillet (séance du 16 octobre) mémoire . . . . . 319 et 346

HYGIÈNE

Musée de prévention des accidents du travail et d'hygiène industrielle de Paris, par M. G. Dumont (séance du 2 octobre) mémoire. . . . . 311 et 324

MÉCANIQUE

Voitures automobiles de chemin de fer à vapeur et à pétrole, par M. L. Turgan (séance du 16 octobre), mémoire . . . . . 317 et 486

MÉTALLURGIE

Cuivre dans les fours électriques, réalisés en France (exposé des dernières expériences industrielles électro-métallurgiques pour la fonte de minerais de) par M. Ch. Vattier 19

Métallographie microscopique et son utilisation comme méthode d'essais, par M. L. Guillet (séance du 3 juillet), mémoire. 8 et 31

Zinc (Électro-métallurgie du) par M. A. Salguès, observations de M. H. Couriot (séance du 3 juillet), mémoire . . . . . 7 et 64

MINES

Broyeur à vilebrequins Cléro, par M. A. de Gennes (séance du 3 juillet), mémoire . . . . . 7 et 16

Minerais (Considérations générales sur la préparation mécanique des) par M. P. Machavoine (séance du 17 juillet), mémoire. . . . . 12 et 135

Voyage minier au nord-ouest canadien, par M. J. M. Bel (séance du 20 novembre) 480

MOTEURS

Moteurs appliqués à la commande des machines dynamo-électriques (Régulation des), par M. R. V. Picou (séance du 6 novembre), mémoire . . . . . 371 et 474

NÉCROLOGIE

Sur M. Ch. Cotard, par M. A. Brüll 417

Sur M. H.-P. Hersent et discours prononcés aux obsèques, par MM. H. Couriot et A. Maury . . . . . 684, 689 et 693

Discours prononcé aux obsèques de M. D.-A. Casalonga, par M. Armengaud jeune 423

NOMINATIONS

De M. D. Levat, comme Membre du Conseil supérieur des Colonies (séance du 3 juillet) 6

De M. E. Sartiaux, comme Membre du Comité de direction de l'Office national du Commerce extérieur (séance du 20 novembre). 478

De M. Doniol, comme Membre du Conseil de l'ordre national de la Légion d'honneur (séance du 20 novembre). 478

De M. E. Bertin, Directeur du génie maritime, comme Membre de l'Académie des Sciences (séance du 4 décembre) 610

De M. M. Rondet, comme Conseiller du Commerce extérieur de la France (séance du 4 décembre) 610

OUVRAGES, MÉMOIRES ET MANUSCRITS REÇUS

Bulletins de juillet, octobre, novembre et décembre . . . . 1,297, 465 et 601